

الجمهـــــوريَّة العـــــربيَّة الـــسُّوريَّة
وزارة التَّعـلــــيـــم العـــالـــــي
جـــــامعــــة تـــشـــــــرين
كلّيّة الهندسة الميكانيكيَّــة والكهربائيّــة
قسم هندسة الاتّــصالات والإلكترونيّـــات

تحسين أداء أحد البروتوكلات الخاصّة بالشّبكات اللاسلكيَّة النّقّالة

(MANET)

بحث أُعدَّ لنيل درجة الماجستير في هندسة الاتّصالات

إعداد الطَّالب

سوراج سمير عرنوس

إشـــــــــراف

أ.د. إحسان شريتح **د. علي العلي**

العام الدّراسيّ (2009م/ 2010م)

جدول المحتويات

الفصل الأول

المقـــدمـــة

بظهور الحواسيب واستخدامها لمعالجة المعلومات بطريقة مستقلة ظهرت الحاجة لـــربط هـــذه الحواسيب مع بعضها البعض من خلال شبكات سلكية حتـــى تـــستطيع التواصـــل، و تقاســـم الأعمال لتسريع معالجة المعلومات ، وبتصغير الحواسيب حتى أصـــبحت أجهـــزة محمولـــة، والانتشار الكبير للهواتف الخليوية ،والمفكرات الشخصية (PDA) ،جاءت الرغبة فـــي ربـــط هذه الأجهزة بعضها مع بعض من خلال ما يسمى: الشبكات اللاسلكية .

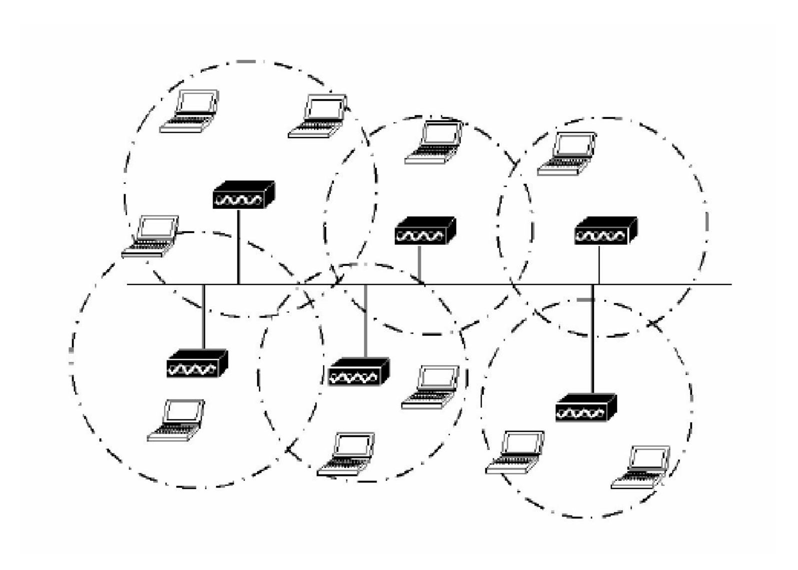
ونظرا لملاقاة الأجهزة اللاسلكية المحمولة (الخليوية) رواجا في الاستعمالات اليومية، وذلك لانخفاض أسعارها ، خفة وزنها ومحافظتها على الطاقة لمدة طويلة، جاءت الشبكات اللاسلكية (الخلوية) (Cellular networks) كوسيلة ضرورية للتواصل باستخدام تلـــك الأجهـــزة ، و تعتمد هذه الشبكات على بنية تحتية، وإدارة مركزية ، وبالمقابل ظهرت شبكات لاسلكية أقـــل تكلفة ولا تحتاج لبنية تحتية ولا لإدارة مركزية، وهو ما يميزهـــا عـــن الـــشبكات الخليويـــة. تستخدم عادة في البيئات التي لا تصلح لإقامة بنية تحتية كالبيئات المتغيرة ، أو لإقامـــة بنيـــة تحتية لشبكات مؤقتة، وتعرف هذه الشبكات بالشبكات الآنية (Ad hoc Networks).

1.1.الشبكات اللاسلكية:

تقسم الشبكات اللاسلكية إلى نوعين: ثابتة، ومتحركة، الشبكات اللاسلكية الثابتـــة: لا تحتمـــل الحركة، وهي في أغلب الأحوال نقطة لنقطة (Point To Point) ، مثـــل شـــبكات الموجـــة الصغرى، والأقمار الصنعية المستقرة بالنسبة إلى الأرض. بالمقابل هناك الشبكات اللاســـلكية المتحركة، متعددة الاستعمالات وتسمح بالتنقل، وحتى هذه الشبكات تنقسم بدورها إلى قسمين: ذات بنية تحتية (Cellular networks) ، ومن دون بنية تحتيـــة (Ad Hoc Networks) . كلاها يسعى إلى إنشاء اتصالات كاملة، أي يُسمح للمستخدم فـــي أي وقـــت الوصـــول إلـــى المعلومات، والخدمات بمساعدة التقنيات اللاسلكية. وفي الوقت الذي تـــسمح فيـــه الـــشبكات اللاســـــلكية ذات البنية التحتية، بالتمرير باســـــتخدام قفزة واحـــدة للوصـــول إلـــى العقـــدة النهائية (الوُجهة)، تحتاج الشبكات اللاسلكية الآنية إلى تمرير متعدد القفزات للوصـــول مـــن المصدر إلى الوُجهة [1].

1.1.1.الشبكات اللاسلكية ذات البنية التحتية:

يكون تمرير البيانات بين العقد (Nodes) داخل الشبكات اللاسلكية ذات البنية التحتية بوساطة عقد مركزية ثابتة (Base Station)، حيث تغطي كل عقدة مركزية ثابتــة منطقــة معينــة تستطيع العقد المتحركة التراسل داخلها من خلال العقدة الثابتة، وتعتمد منطقة التغطيــة علــى نصف قطر الإرسال للعقدة الثابتة [2] ، ويتم التراسل من خلال أقــرب عقــدة مركزيــة ولا يشعر المستخدم بالانتقال من منطقة إلى منطقة أخرى، وتتوقف العقد عن الإرسال والاســتقبال عند خروجها من مجال التغطية، من أمثلتها الشبكات اللاسلكية داخل المبــاني، والجامعــات، ومخابر الحواسيب المزودة بالأجهزة المتنقلة، و يبين الشكل **(1.1)** مثالاً عليها.

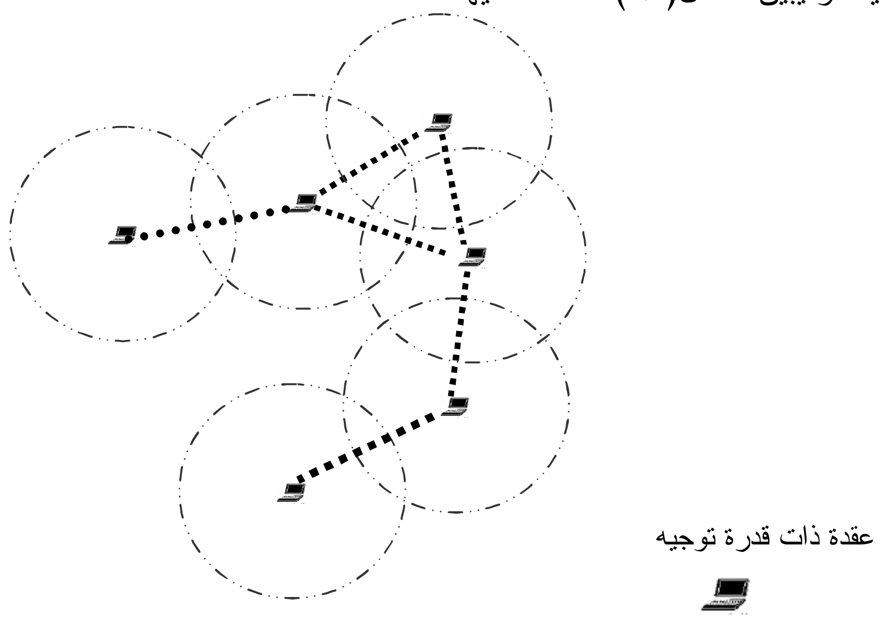


الشكل(1.1) : شبكة لاسلكية ذات بنية تحتية (الخليوية)

2.1.1.الشبكات اللاسلكية من دون بنية تحتية :

تدعى عادة الشبكات اللاسلكية من دون بنيـــــة تحتيـــة: بالــشبكات الآنيـــة (Ad Hoc Networks) . في هذا النوع تكون العقد قادرة على التراسل ضمن نطــاق العقــد الأخــرى (واحدة على الأقل) من دون الحاجة إلى عقدة مركزية ثابتة ، وتعمل كــل عقــدة كموجــه متحرك (Mobile Router) مزود بأدوات إرسال واستقبال لاسلكية، وذلك بسبب مجالهــا الراديوي المحدود، فتعتمد العقد غير المتجاورة على عدة قفزات، بين عقد متجاورة لإجــراء عملية التراسل. ويستخدم هذا النوع من الشبكات في التطبيقات التي تحتاج إلى إنــشاء شــبكة

مؤقتة، مثل الشبكات التي تنشأ أثناء الحروب ، الحـــالات الطارئـــة وللأغـــراض التربويـــة، والاقتصادية، و يبين الشكل(**2.1**) ، مثالا عليها.

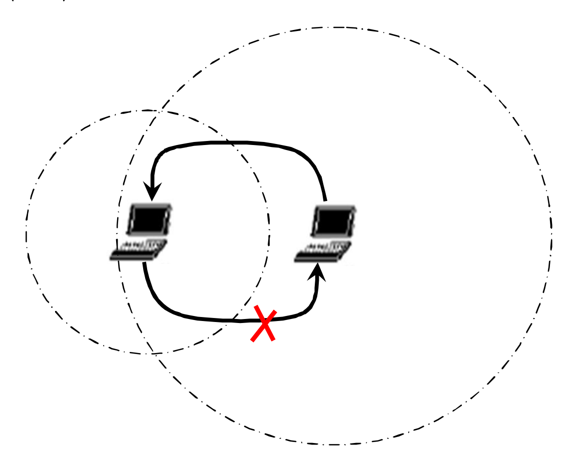


الشكل(2.1) شبكة آنية توضح مسارات الاتصالات الممكنة

2.1.خصائص الشبكات الآنية:

من خصائص الشبكات اللاسلكية الآنية ما يلي :

- **بيئة ديناميكية(Dynamic topology)**: بسبب الحركة الدائمة، والمستمرة للعقـــد، تتغيـــر المعلومات داخل الشبكة، وتصبح الوصلات غير صالحة، مما يؤدي إلى الـــضبط المـــستمر للشبكة والتبادل المستمر لمعلومات التحكم عبر الوسط اللاسلكي.
- **الخصائص غير المتوازية للوصلات:** في بيئة لاسلكية يمكن للتواصل بين عقدتين أن يكون غير متكافئ، وذلك في اتجاهي الوصلة، ومثال ذلك: إذا كانت العقدة "م" داخل مجـــال العقـــدة "ن" ، ولكن العكس قد لا يكون صحيحا دائما، كما هو مبين بالشكل (3.1).



الشكل(3.1) وصلة أحادية الاتجاه

- **التواصل متعدد القفزات:** تكون كل عقدة داخل شبكة آنيـــة إمـــا مـــستقبلة، أو مرســـلة أو موجهة، إذاً فالحزم المرسلة من عقدة مرسلة (مصدر) إلى عقدة مستقبلة (وِجهة) تمر بعدة عقد وسطية.
- **عمليات لامركزية :** تعد الشبكات اللاسلكية الآنية من الشبكات ذات الهيكلية المنتشرة فهي لا تعتمد على بنية تحتية أو تحكم مركزي، و هي تحتاج إلـــى خوارزميـــات موزعـــة للقيـــام بالتنسيق بين عقد الشبكة .
- **القيود على كمية البيانات والسعة المتغيرة للوصلات :** تتأثر عملية التراسل في الـــشبكات الآنية بمدى الإرسال وقوة الإشارة والضجيج (Noise) ، وتأثير قنوات الإرســـال الأخـــرى، والتغطية الناتجة عن وجود حاجز يمنع وصول الإشارة ، ولذلك يجب مراعاة هـــذه العوامـــل عند إجراء عملية التراسل ، وهنا تجدر الإشارة إلى: أنه هناك تأثير متبادل بين هذه العوامـــل، حيث أن زيادة قوة الإشارة يؤثر على قنوات الاتصال وقوة البطارية .
- **القيود على الطاقة :** تتأثر الطاقة – البطارية بضعف الإشارة، وبصغر المدى الراديوي ، وهذا يؤدي إلى طول المسارات، وازدياد الحاجة إلى استخدام أكثر مـــن عقـــدة فـــي عمليـــة التمرير، واستخدام طاقة أكثر ، ولذلك من الواجب استخدام هذه العوامل بشكل متوازن.

3.1.التمرير في الشبكات الآنية:

تقسم عملية التمرير في الشبكات الآنية إلى قسمين: اكتشاف المسار، وصيانة المسار،و يجـــب على المصدر أن يكتشف مساراً مناسباً لإرسال الحـــزم للوجهـــة، وبمـــا أن حالـــة مختلـــف الوصلات المستخدمة في المسار تتغير، إذا من الضروري اكتشاف مـــسار جديـــد يـــستخدم التمرير التقليدي داخل الشبكات السلكية، ويكون إما بالتمرير الـــشعاعي المـــسافة (distance vector) ، أو بالتمرير بحسب حالة الوصلة (Link-state) [3] ، والجدير بالـــذكر أن هـــذا النوع من خوارزميات التمرير يدمج اكتشاف وصيانة المسار بإرسال حزم لتحديث المـــسار، في حالة تغير حالة الوصلة، أو تغير الموجة، تقوم الحزم بعكس هـــذه التغيـــرات إلـــى كـــل الموجهات، وكنتيجة لذلك تحسب المسارات الجديدة عند الحاجة، ويـــدعى هـــذا النـــوع مـــن خوارزميات التوجيه: بالبروتوكولات المترقبة (Proactive) ، لأنها تحاول اكتشاف وصـــيانة المسارات بصفة دائمة، حتى تكون المسارات معروفة بديهياً عند احتياجها.

4.1.المشاكل و السلبيات التي تعوق عمل بروتوكولات شبكات (MANET):

تسمى الشبكات اللاسلكية النقالة بالاسم العلمي (MANET) ، وهو اختــصار لـــ (Mobile AdHoc Network) .

تعاني هذه الشبكات من بعض العيوب، و المعوقات حددناها بالنقاط التالية:

- التراسل بين عقدتين في الشبكات اللاسلكية لا يكون في كل الأحــوال متمــاثلاً فــي كــلا الاتجاهين، إذ بعض المسارات التي تم تحديدها بتطبيق بروتوكولات التمرير التقليدية لا تعمل في بعض البيئات.
- تكون الشبكات السلكية مضبوطة بطريقة واضحة للحصول على عدد محدد من الموجهات لربط شبكتين، ولكن في البيئة اللاسلكية الآنية كل عقدة هي في الوقت نفسه موجه مما يــؤدي إلى وجود عدة مسارات بين الشبكتين ، وهذا التكرار ينعكس على الشبكة بكلف إضــافية فــي التراسل وحساب المسارات .
- يضيق الإرسال العام الدوري لمعلومات تحديث لمسارات سعة نطاق (BANDWIDTH) الشبكة.
- في الشبكات الآنية الكثيرة الحركة، تكون درجة تغير الشبكة أكبر من درجة الطلب علــى المسار، مما يؤدي إلى ضياع حزم تحديث المسارات في هذه البيئة، لأن أغلب هذه المعلومات لا تُستعمل أبدا.
- تعمل أغلب العقد على طاقة محدودة ، ويهدر الإرسال الدوري لمعلومات تحديث المسارات الطاقة .

أصبح واضحاً بعد هذه المقدمة أهمية هذا النوع من الأنظمة، و تعدد التطبيقــات و الخــدمات التي يمكن أن يؤديها، إلا أن المشاكل و المعوقات التي ذكرناها سابقا تعتبر ذات تأثير خطير، ولا يستهان به إذا أردنا لهذه الأنظمة الانتشار والنمو و من هنا جاءت أهمية هذا البحث حيث سنقوم بالتركيز على إحدى هذه المشاكل الفعلية، التي يعاني منها هذا النظام، و نقتــرح حــلا لها، ومن ثم نراقب استجابة النظام للتعديل المقترح، لتحديد المكاسب و التحسين في الأداء.
من اجل الوصول إلى هذا الهدف كان لا بد في البداية من التعريف بشبكات (MANET) و أهم أنواع البروتوكولات المستخدمة فيها، إضافة إلى تقسيماتها الأساسية، و تعريف مبسط بمبدأ عمل كل منها، وسوف يدرس ذلك في الفصول التالية، ثم قمنا باختيار أحد أهم تلك البروتوكولات وهو بروتوكول التوجيه المصدري الديناميي (DSR) Dynamic Source Routing ، ليدرس بشكل مفصل، ولنحدد نقاط القوة والضعف فيه، و قد اعتمدناه في هذه الدراسة بغية تحسين أداءه عن طريق إجراء تعديل على خوارزمية صيانة المسار المعتمدة فيه

بحيث تبقى المسارات فعالة لأطول فترة ممكنة، كما سنرى لاحقا، ولكن كان لا بد قبل ذلك من إجراء دراســـــة، وبحث مستفيض عن التجارب و المحاولات السابقة لتحـــــــسين أداء خوارزميات صيانة المسار بغية الاستفادة منها في البحث الحالي، الأمر الذي سنبينه في فصل لاحق.

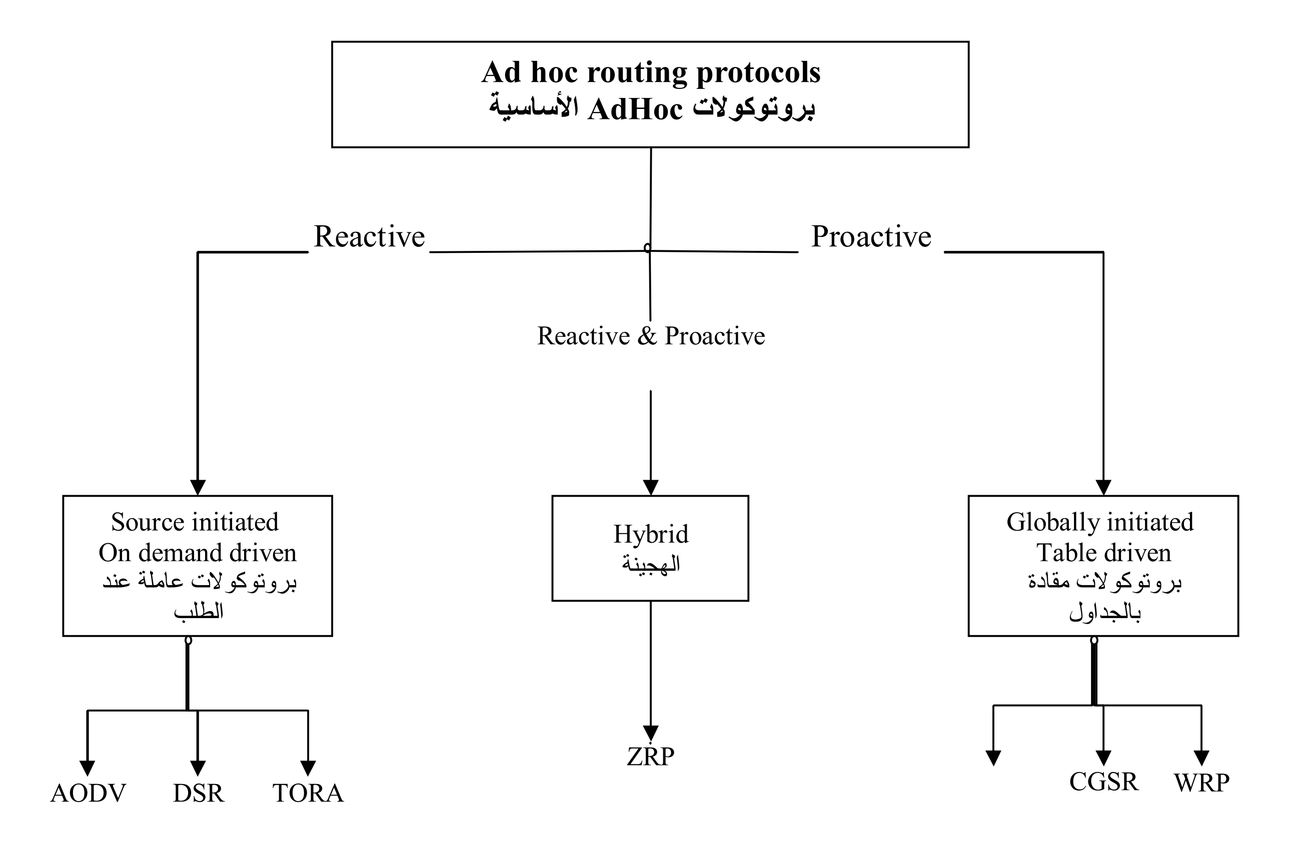
الفصل الثاني

1.2.أنواع البروتوكولات المستخدمة في شبكات MANET:

هنالك عدد كبير من البروتوكولات التي تنتمي لعائلة MANET إلا أننا نـــستطيع تــصنيفها بحسب مبدأ عملها إلى ثلاثة أنواع رئيسة:

- بروتوكولات مقادة بالجداول table driven.
- بروتوكولات عاملة عند الطلب on demand.
- بروتوكولات هجينة.

الشكل(1.2) يبين مخططا عاما لأهم بروتوكولات التمرير داخل الشبكات الآنية.



الشكل(1.2) بروتوكولات التمرير داخل الشبكات الآنية

1.1.2.البروتوكولات الموجهة بالجداول:

سنكتفي بذكر أهم البروتوكولات الموجهة بالجداول .

- بروتوكول متجه المسافة حـــسب الوجهـــة **(Destination Sequenced Distance Vector) (DSDV)**

في هذا البروتوكول تقوم كل العقد بإرسال عام وبصورة دورية للجداول التي تحوي معلومات التمرير، والتي كانت تحتفظ بها باستخدام رسائل تحديث المسارات، وذلك لمواكبة التغيـرات التي تحدث على الهيكلية، وللتخفيف من حجم رسائل التحديث، تقسم هذه الرسائل إلى نوعين: رسائل تحتوي كل معلومات التمرير التي تملكها كل عقدة، ورسائل تحتـوي فقـط معلومـات التمرير المعدلة، وتخزن كل عقدة القفزة التالية لكل وجهة، وعدد القفزات اللازمـة للوصـول إليها، ويستخدم البروتوكول رقماً تسلسليًا لكل مسار، وذلك للمحافظة على حداثـة المـسار، ومنع تكون الحلقات [4]. ويؤدي الإرسال العام، والدوري لمعلومات التمرير إلى الحـد مـن أداء هذا البروتوكول، مع زيادة حجم الشبكة.

- **بروتوكول التمرير اللاسلكي Wireless Routing Protocol (WRP):**

يهدف هذا البروتوكول (Murthy and Garcia-Luna, 1996) إلـى التقليـل مـن تكـون الحلقات التي تظهر أثناء تبادل جداول التمرير، مـا يميـز هـذا البروتوكـول عـن بـاقي البروتوكولات متجهة المسافة، ثلاث نقاط [5] وهي:

1) في حالة عدم انقطاع المسارات تقوم العقد بتبادل رسائل الترحيـب (Hello message) ، بدلا عن جداول التمرير.
2) التأكد من استلام حزم البيانات، وجداول التمرير باستخدام رسائل التأكيد.
3) الاستفادة من المعلومات المتوفرة عن العقد، في حساب المسارات بين العقد.

2.1.2.البروتوكولات الموجهة حسب طلب المصدر:

- **بروتوكول التمرير المصدري الديناميDynamic Source Routing (DSR)**

يعتمد هذا البروتوكول على التوجيه المصدري ، أي: أن البروتوكول لا يعتمـد علـى حـزم التمرير الدورية ، بل تحتوي ترويسة (Header) كل حزمة علـى المـسار الكامـل، الـذي ستسلكه هذه الحزمة للوصول إلى الوجهة، وبذلك يقلل من الكلف الإضافية، وتتكـون عمليـة التوجيه المصدري من مرحلتين: يتم في المرحلة الأولى اكتشاف المسار، وفي المرحلة الثانية صيانة المسار. ويتم اكتشاف المسار عندما تحتاج أي عقدة إلى إرسال حزمة إلى عقدة أخرى ، فتقوم بنشر حزمة طلب المسار في الشبكة ، وكل عقدة وسطية تستلم هذه الحزمـة وتملـك مساراً إلى العقدة المستقبلة تقوم بإضافة المسار الذي وصل عبره الطلب إلى المـسار الـذي

تملكه وترسل الرد إلى العقدة المصدر، وإذا لم تملك العقدة الوسطية مساراً إلى العقدة المستقبلة، فإنها تضيف عنوانها إلى رأس الحزمة، ثم تعيد إرسالها ، وعندما يتم استلام هذه الحزمة من طرف العقدة المستقبلة، تقوم هذه الأخيرة بإرسال المسار الكامل إلى المصدر ، ويقوم المصدر بتخزين المسار ليضعه في رأس كل حزمة بيانات، مرسلة إلى هذه العقدة المستقبلة.

عند اكتشاف انقطاع المسار تقوم العقدة التي اكتشفت الانقطاع، بإرسال رسالة إلى المصدر الذي يقوم بحذف المسار المنقطع، ثم يبدأ عملية اكتشاف مسار جديد إلى العقدة المستقبلة [6].

- **خوارزمية تمرير الترتيب المؤقت (TORA) :**
(Temporally-Ordered Routing Algorithm)

تقوم هذه الخوارزمية بتزويد العقد بمسارات متعددة إلى الوجهة المطلوبة، وتنقسم إلى ثلاث عمليات هن: إنشاء المسارات، وصيانة المسارات، وحذفها. ترقم العقد ويحسب ارتفاعها انطلاقاً من العقدة المستقبلة، حيث ترقم العقدة المستقبلة نفسها، وتكون صاحبة أصغر ارتفاع، وترسل رداً على طلب الارتباط يحمل رقمها تقوم كل عقدة تستلم هذا الرد بتحديث ارتفاعها بناء على ارتفاع العقدة التي استلمت الرد منها ثم تعيد إرسال الرد مع الارتفاع الجديد ، وهكذا إلى أن يصل الرد إلى العقدة المصدر، فترقم نفسها برقم أكبر من رقم العقدة التي استلمت عن طريقها الرد، وتكون هي صاحبة أعلى رقم وبذلك يتم تحديد المسار.الهدف من ترقيم العقد هو بناء وصلات موجهة وهيكلية خالية من الحلقات. عند حدوث أي تغير في الشبكة تصبح الوصلات غير موجهة، فيتم حذف المسار وإعادة إنشائه، وتتميز هذه الخوارزمية بسرعتها لكنها لا تهتم بأفضلية المسار[7] .

- **بروتوكول متجه المسافة حسب الطلب الآني (AODV):**
(Ad Hoc On-Demand Distance Vector)

يتم إنشاء المسارات في هذا البروتوكول حسب الطلب ، فإذا احتاجت عقدة ما لإرسال رسالة إلى عقدة أخرى ، فإنها ترسل رسالة طلب مسار (RREQ) إلى العقدة المستقبلة، إما مباشرة أو عبر عقد وسيطة ، وعند وصول الطلب إلى العقدة المستقبلة، فإنها تقوم بالرد، وذلك بإرسال رسالة ردّ عن طلب المسار (RREP) وحيدة الوجهة (UNICAST) إلى المصدر عبر العقدة التي استلمت منها رسالة طلب من المصدر ، وبذلك يتم تحديد المسار ، ويتم المحافظة على حداثة المسار من خلال إرسال المعلومات من طرف العقدة المصدر، أما عندما

لا يكون هناك إرسال، تتبادل العقد رسائل الترحيب دوريا ، وتحتوي الرقم المتسلسل الأحـــدث للمسار، وتحتفظ كل عقدة برقم آخر مسار تم إنشاؤه.
عندما تكتشف إحدى العقد انقطاعاً في المسار، تقوم بحذف المسار وإرسال رسالة إلغاء مسار (RERR) إلى العقدة المجاورة في اتجاه المصدر، ويتم تمرير هذه الرسالة إلى أن تصل إلـــى المصدر، حيث يقوم بإلغاء المسار وإنشاء مسار جديد [8] .

3.1.2.البروتوكولات الهجينة:

البروتوكولات الهجينة هي البروتوكولات التي تجمع بين التمرير الموجه بالجداول والتمريـــر حسب طلب المصدر ، حيث تقسم الشبكة إلى عدة مناطق تمرير ، وتعرف منطقـــة التمريـــر للعقدة بأنها مجموعة العقد التي تبعد عنها عدة قفزات ، ويستخدم للتمريـــر داخـــل المنـــاطق بروتوكول يعتمد على الجداول، بينما يستخدم للتمرير بين المناطق بروتوكول موجـــه حـــسب الطلب ، ويقلل هذا التقسيم من كلف نشر حزم التمرير بشكل دوري في أطراف الشبكة كاملـــة في البروتوكولات الموجهة بالجداول، ويقلل أيضا من كلف طلبات الارتباط التي ترسل بشكل دوري في أطراف الشبكة كاملة في البروتوكولات الموجهة حسب الطلب ، ومن الأمثلة علـــى هذه البروتوكولات بروتوكول تمرير المنطقة ((Zone Routing Protocol (ZRP)) [9].

2.2.الخلاصة:

قمنا في هذا الفصل بتقديم أهم أنواع البروتوكولات المستخدمة فـــي شـــبكات AdHoc، مـــع شرح مبسط عنها ذكرنا فيه المبدأ الأساسي إضافة إلى نقاط التمايز، و القوة، و الضعف لكـــل منها.
هدفنا من خلال هذه الدراسة هو اختيار أحد تلك البروتوكولات، ودراسته بشكل أكثر تفـــصيلا و معرفة نقاط الضعف الأساسية فيه، و اختبار إمكانية تقديم حل لبعض تلك المشاكل تمكننـــا من تحسين أداءه بشكل فعلي.

الفصل الثالث

سوف نناقش في هذا الفصل بروتوكول التوجيه المصدري الديناني فنتعرف على آلية عمله و طرق اكتشاف المسارات فيه و صيانتها إضافة إلى أهم الآليات و الخصائص الإضافية المميزة لهذا البروتوكول .

1.3.بروتوكول المصدر الديناميكي

:(Dynamic Source Routing protocol) (DSR)

يعتبر البروتوكول (DSR) من بروتوكولات التوجيه البسيطة، و الفعالة، و المصممة خصيصا للاستخدام في شبكات AdHoc متعددة القفزات (multi-hop) ، ذات العقد المتحركة، حيث يمنح DSR إمكانية التهيئة و التنظيم الذاتي للشبكة بشكل كامل من دون الحاجة لأي نوع من أنواع البنية التحتية أو الإدارة.

يتألف DSR من آليتين أساسيتين هما آلية اكتشاف المسار(ROUTE DISCOVERY) و آلية صيانته (ROUTE MAINTENANCE) و اللتان تعملان معا بشكل متكامل لتسمحا للعقد بكشف مسار إلى وجهة مطلوبة و صيانته طوال فترة الإرسال.

تعمل جميع أجزاء هذا البروتوكول و مزاياه كلياً فقط عند الطلب (on-demand) ،أي: لا يكون هناك أي نشاط لأي عقدة، ولا أي تبادل لرزم التحكم إلا عند الحاجة للتخاطب مع عقدة أخرى، أو عندما يحدث تغير في حالة مسار فعال ما، مما يضطر العقد المعنية بهذا التغير للتفاعل ضمن المسار المعني[10].

يسمح DSR بإمكانية تعدد المسارات إلى أي وجهة و إمكانية الاختيار و التحكم بأي مسار من قبل العقدة المرسلة على هذا المسار.

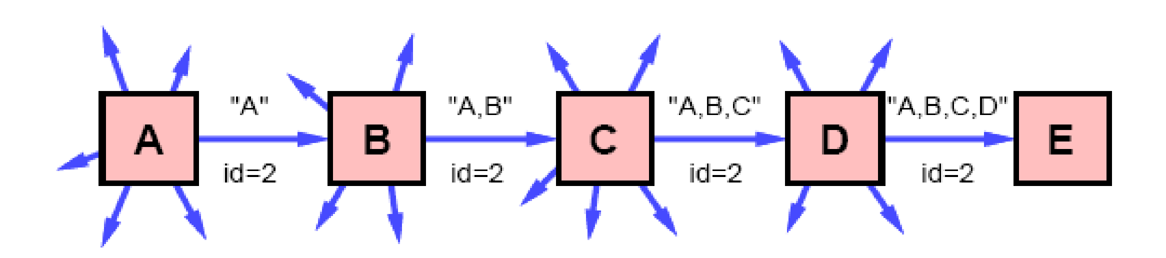
1.1.3.اكتشاف المسار في DSR:

عندما تقوم عقدة ما بتوجيه رزمة جديدة (PACKET) إلى مصدر ما، فإنها تضع في ترويسة الرزمة ما يسمى مسار المصدر، الذي يتضمن: تتابع العقد الذي ينبغي على الرزمة أن تتبعه في طريقها إلى العقدة الهدف، و الذي تحصل عليه في العادة العقدة المصدر من البحث في ذواكرها (Route-Cache) عن مسار مناسب من المسارات التي قامت بتخزينها، من عمليات إرسال سابقة.

أما في حالة عدم وجود مثل هذه المسارات حينها ستطلق العقدة آلية كشف مسار جديد، و بشكل دينامي للبحث عن مسار مناسب، إلى العقدة الهدف، و ذلك عن طريق بث رسالة طلب مسار (route request packet) ، أو اختصارا (RREQ).

في كل رزمة طلب مسار تحدد العقدة التي طلبت المسار إضافة إلى العقدة الهدف، و رقم تعريف خاص، و مميز لهذا الطلب يتم تحديده من قبل العقدة الطالبة، إضافة إلى ذلك يتضمن طلب المسار سجلا يحتوي على عناوين كل العقد التي مرت عليها هذه النسخة من الطلب، في طريقها للبحث عن الهدف الأمر الذي يوضحه الشكل(1.3).

عندما تستقبل عقدة ما طلب مسار تقوم باستخراج المعلومات المضمنة في رزمة الطلب، فإذا استخلصت أنها العقدة الهدف المعنية بهذا الطلب تقوم حينها بإعادة رسالة رد على الطلب، أو (ROUTE REPLY) إلى العقدة البادئة بالبحث، أو العقدة المصدر مضمنة نسخة عن سجل المسار الكلي للعقد من المصدر وصولا إليها و الموجود ضمن رسالة طلب المسار، و عندها تقوم العقدة المصدر بتخزين هذا المسار ما أن تصلها رسالة الرد لكي تستخدم هذا المسار في إرسال رزم المعلومات إلى هذا الهدف، أما إذا كانت العقدة المستقبلة لطلب المسار قد استقبلت سابقا، هذا الطلب من العقدة المصدر نفسها و يحمل رقم التعريف نفسه أو لحظت وجود عنوانها في سجل المسارات ضمن رزمة طلب المسار فإنها تهمل هذا الطلب، أما الحالة الأخيرة فهي أن العقدة المستقبلة لرسالة طلب المسار، ليست العقدة المعنية بالبحث، و لم يسبق لها أن استقبلت هذا الطلب، حينها تقوم بإضافة عنوانها إلى سجل المسارات في رسالة الطلب، و تعيد بث هذه الرسالة مع المحافظة على رقم التعريف المميز لهذا الطلب.



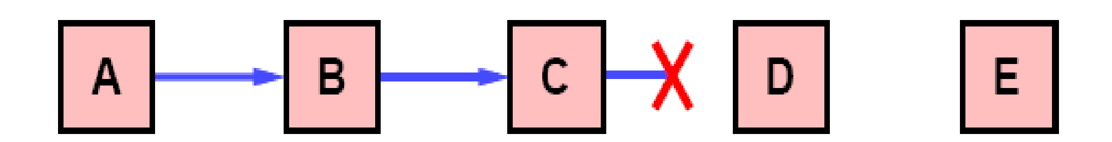
الشكل(1.3) مثال عن اكتشاف المسار العقدة A المصدر و العقدةB الهدف

2.1.3.صيانة المسار في DSR:

تقع مسؤولية التأكيد على الاستلام باتجاه القفزة التالية على عاتق العقدة التي تقوم بإرسال أو إيصال رزم المعلومات في مسار ما، حيث تلجأ إلى إعادة الإرسال عدة مرات وصولاً إلى

العدد الأقصى المسموح به لمحاولات إعادة الإرسال، إلى أن تستلم تأكيد الاستلام من العقـدة التالية.

فعلى سبيل المثال كما في الشكل(1.3) العقدة A وجهت رزمة إلى العقدة E عبـر المـسار المصدري الذي يستخدم العقد B و C و D.



الشكل (2.3) مثال عن صيانة المسار:العقدة C غير قادرة على إيصال رزمة المعلومات من A إلى E عبر الوصلة التالية لها مع D

العقدة A مسؤولة عن استلام الرزمة عند B، و B مسؤولة عن استلام الرزمـة عنـدC، و C مسؤولة عن استلام الرزمة عند D، و D مسؤولة عن استلام الرزمة عند الهـدف E، هـذا التأكيد بالاستلام في كثير من الحالات يمكن تأمينه من دون أي تكلفة إضافية، كإجراء قياسـي موجود أصلا ضمن البروتوكول (MAC) ، المستخدم أصلا في بنية الشبكات اللاسلكية.

في حال عدم توفر مثل هذا الإجراء و هو أمر مستبعد تلجأ العقدة المرسلة إلى إضـافة خانـة رقمية bit في ترويسة الرزمة تطلب من خلالها تأكيدا برمجيـا يـتم تعريفـه مـسبقا فـي البروتوكول DSR، وظيفته إعادة تأكيد الاستلام إلى العقدة المرسلة عند القفزة التالية، أما في حالة عدم إعادة تأكيد الاستلام بعد عدد المحاولات الأقصى المسموح به للإرسال تعيد العقـدة رسالة خطأ مسار (ROUTE ERROR) إلى المرسل الأساسي لهذه الرزمـة تحـدد فيهـا الوصلة التي فشل تسليم رزمة المعلومات عبرها.

على سبيل المثال في الشكل (2.3) إذا لم تقدر العقدة C على إيصال رزمة المعلومـات إلـى القفزة التالية D تعيد عندها العقدة C رسالة خطا مسار إلى A، معلنة أن الوصلة من C إلـى D مقطوعة حاليا، فتقوم عندها العقدة A بإزالة الوصلة المقطوعة مـن ذواكرهـا (cache). بالطبع يجب أن نضع في الحسبان أن أي إعادة لإرسال هـذه الرزمـة تقـع علـى عـاتق بروتوكولات الطبقة الأعلى (upper layer) ، مثل بروتوكول (TCP).

من أجل إعادة إرسال هذه الرزمة أو أي رزمة أخرى إلى نفس الوجهة E تلجأ العقدة A إلـى استخدام مسار آخر مخزن في ذواكرها إلى E يمكن أن تكون قد حـصلت عليـه مـن ردود

أخرى على طلب المسار الذي أجرته أصلا في بداية بحثها عن مسار مناسب، أو عن طريق التقاطها لمعلومات مناسبة عن مسارات من رزم أخرى وصلت إليها سابقا، مما يمكنها من استخدام هذه المعلومات لإرسال هذه الرزمة على المسار الجديد.

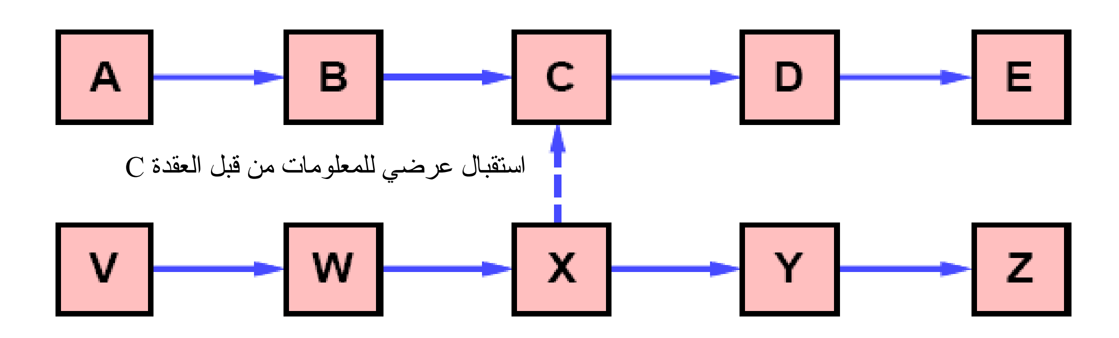
في حال عدم توفر كل هذه الإمكانات، لا يبقى أمامها إلا البدء ببحث جديد عن مسار آخر إلى هذا الهدف.

3.1.3.خصائص إضافية لاكتشاف المسارات:

1.3.1.3.تخزين معلومات المسارات المستقبلة عرضيا:

أي عقدة تقوم بتسليم رزمة ما، أو حتى تستقبل إشارة رزمة ما، حتى لو لم تكن موجهة إليها تستطيع تخزين معلومات المسارات الموجودة ضمن هذه الرزم في ذاكرة المسارات الخاصة بها، و تحديداً السجل الكامل للمسار في رزم طلبات المسار(ROUTE REQUEST)، إضافة إلى المسار الموجود في رزم الرد على طلبات المسار (ROUTE REPLAY).

كل هذه المعلومات يمكن تخزينها في أي عقدة تستقبل إشارة هذه الرزم سواء أكانت موجهة إلى هذه العقدة، أو تم استقبال إشارتها عرضياً.



الشكل (3.3) القيود على تخزين المعلومات الملتقطة عشوائيا

في الحقيقة هنالك بعض المحدودية في عملية التخزين هذه، وذلك عند وجود وصلات أحادية الاتجاه (Unidirectional) في شبكة Ad Hoc، ونعني بذلك إمكانية الإرسال من A إلى B، وعدم إمكانية الإرسال في الظروف نفسها من B إلى A .

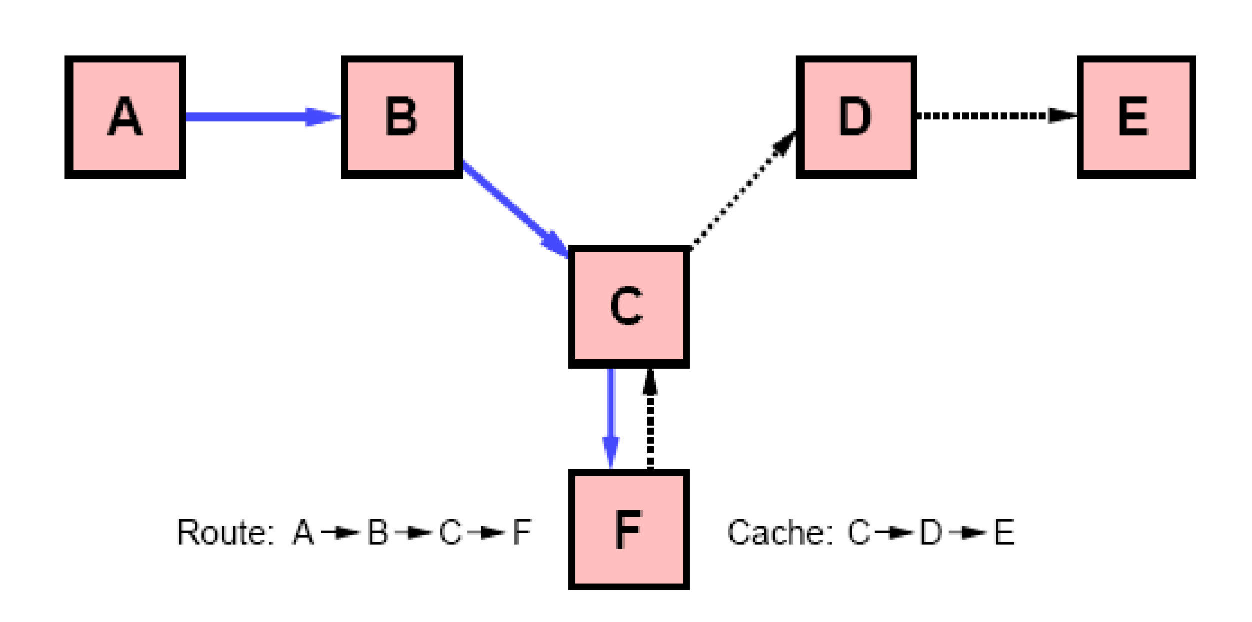
يشرح المثال الموضح في الشكل (3.3): حالة تستخدم فيها العقدة A مساراً ما للتخاطب مع E، تشارك فيه العقدة C بإيصال رزم المعلومات من A إلى E، وفي الوقت نفسه تتمكن من تخزين المسار المنشأ منها باتجاه E عبر D، وذلك بعد استخلاص هذه المعلومة من ترويسة رزم المعلومات الواردة إليها من المصدر، إلا أنها لا تستطيع استخدام المسار بالاتجاه

المعاكس منها إلى A عبر B، على اعتبار احتمال كون هذه الوصلات أحادية الاتجـاه، إلا إذا تأكدت أن هذه الوصلات ثنائية الاتجـاه (Bi directional) ، اعتمـادا علـى البروتوكـول MAC المستخدم، عندها تستطيع تخزين كامل المسار، و بكلى الاتجاهين لاسـتخدامه عنـد الحاجة.

بالطريقة نفسها نلاحظ أن العقدة V تستخدم مسارا مختلف للتخاطب مع Z ، فإذا تمكنـت C من التقاط بث X أثناء إرسالها لرزم المعلومات إلى العقدة Y من V، تقوم حينهـا بتخـزين جميع الوصلات المشتركة في عملية التراسل من المسار الآخر حالما تتأكد أن هذه الوصلات ثنائية الاتجاه، إضافة إلى ذلك تستطيع C تخزين الوصلة منها باتجاه X، حال التأكد أن هـذه الوصلة ثنائية الاتجاه أيضا، أي باختصار حالما تتأكد C أن كل الوصـلات ثنائيـة الاتجـاه تستطيع أن تخزن الوصلة من C إلى X، والوصلة من X إلى Y،والوصلة من Y إلـى Z، و الوصلة من X إلى W، ومن W إلى V، بالطريقة نفـسها يمكـن اسـتخلاص مثـل هـذه المعلومات من رزم طلب المسار، و رزم الرد على طلب المسار، المـارة عبـر العقـدة، أو المستقبلة عشوائياً(عرضياً) من قبلها.

2.3.1.3.الرد على طلب مسار اعتماداً على المسارات المخزنة:

عندما تستقبل عقدة ما طلب مسار من مصدر ما، ولا تكون هي العقدة الهدف المعنيـة بهـذا الطلب، فإنها تبحث في ذواكرها عن مسار مخزن إلى الوجهة المطلوبة، و تعيـد رسـالة رد على الطلب إلى المصدر عند توفر مثل هذا المسار بدلا من إعادة بث رسالة الطلب الأصلية،



الشكل (4.3) القيود المفروضة على استخدام المسارات المخزنة في الذواكر في إعادة رد على طلب مسار لتجنب تكرار القفزات

و تكون معلومات الرد في هذه الحالة عبارة عن تراكب مسارين، الأول: هو الطريـــق الـــذي سلكته رسالة الطلب من المصدر وصولا إلى هذه العقدة، والثاني: هو المسار الـــذي يعكـــس رؤيتها الخاصة للمسار ابتداء منها وصولاً إلى الهدف، والـــذي استخلـــصته مـــن ذواكرهـــا الخاصة.

يجب أن نلاحظ هنا أن رسالة الرد على الطلب المولدة بهذه الطريقة يجب أن تتحقق من عـــدم وجود عقد مكررة في المسار الكلي الناتج عن هذا الجمع للمعلومات، قبل إرســـال رســـالة رد على طلب المسار.

يشرح المثال في الشكل (4.3) حالة مماثلة عند استلام العقدة F لرسالة طلب مسار تـــستهدف العقدة E ، و العقدة F هنا تمتلك أصلا مسارا مخزنا في ذواكرها إلى E، و التسلـــسل النـــاتج عن جمع المسارات من رسالة طلب المسار الواصل إلى F، إضافة إلى المسار المخـــزن فـــي F، والذي سيتضمن عقدة مكررة عند المرور من C إلى F، ثم من F إلى C.

يمكن في هذه الحالة أن تقوم F بتنقيح المسار لحذف التكرار الحاصل ليصبح المسار الكلي A B C D E، إلا أنها لن تكون موجودة في هذه الحالة في المسار الذي ستضمنه فـــي رســـالتها على رد طلب المسار (ROUTE REPLAY).

في الحقيقة تمنع تقنية كشف المسار فـــي DSR، أو (DSR Route Discovery) العقـــدة F من الرد على طلب المسار باستخدام المسار المخزن في ذاكرتها في حالة كهذه، و ذلك لسببين أولهما: رفع احتمال صلاحية المسار الناتج بعد هذا التقييد، كون العقدة F يجب أن تكـــون قـــد تلقت رسالة خطأ مسار عند توقف عمل هذا المسار، و هو أمر لا يحصل فـــي هـــذه الحالـــة كونها ليست جزءاً من المسار المستخدم و ثانيا: هذا التقييد يعني أن رسالة خطأ المسار التـــي تعبر المسار من الممكن جدا أن تمر بأي عقدة، كانت قد أرسلت رسالة رد على طلب المـــسار من اجل الوجهة نفسها بما فيها F، الأمر الذي يساعد على إزالة المعلومات غير المفيـــدة أي: التي لم تعد صالحة من ذواكر العقد بما فيها F و هذا لا يحدث إلا إذا كانـــت F جـــزءاُ مـــن المسار المستخدم، وإلا فإن البحث التالي عن مسار آخر من قبل A سيتأثر مرة أخرى بـــالرد من قبل F و سيحمل معلومات المسار الخاطئة نفسها، بالنتيجة إذا لم يراع طلب المسار هـــذه القيود، فإن العقدة F تميل إلى تجاهل هذا الطلب بدلا من الرد عليه.

3.3.1.3.منع الإغراق بردود طلبات المسار Route Replay Storm:

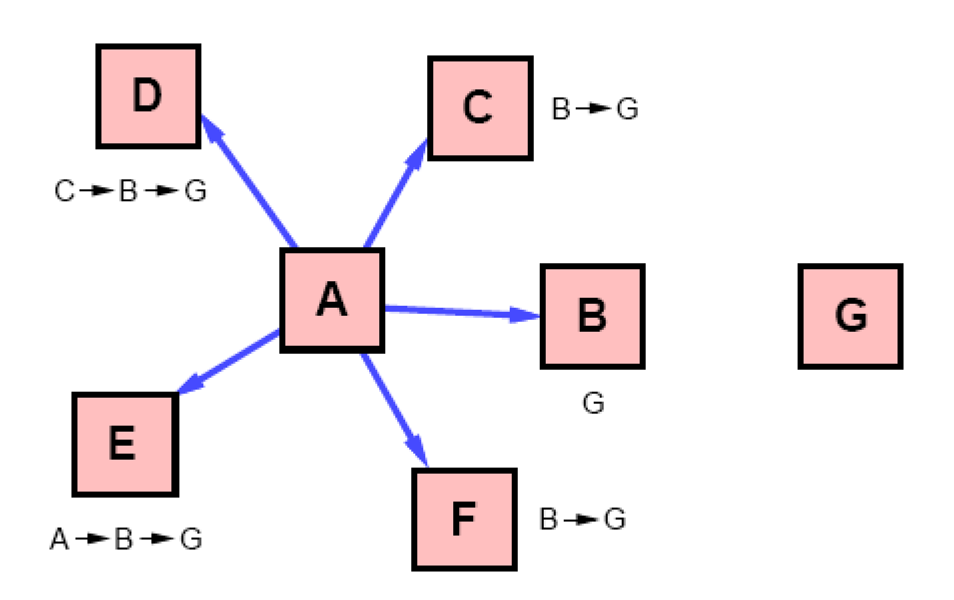
تستند قدرة العقد في الرد على طلبات المسار على المعلومات المخزنة فـــي ذواكرهـــا، كمـــا شرحنا سابقاً الأمر الذي يؤدي إلى الإغراق بالردود على هذا الطلب فـــي بعـــض الحـــالات،

بالأخص إذا قامت عقدة ما ببث طلب مسار إلى عقدة أخرى تمتلك العقد الجارة لهـــا طريـــق إليها في ذواكرها، و التي ستقوم كل منها بإعادة رد على هذا الطلب، مما يؤدي إلى هدر فـــي عرض الحزمة، وإلى إمكانية ازدياد في التصادم (COLLISION) للشبكة في هذه المنطقة.

ويظهر المثال الموضح في الشكل (5.3) العقد B C D E F و التي قد استقبلت جميعها طلـــب المسار من العقدة A و الذي تطلب فيه مسارا إلى G، وكل منها تمتلك مثل هذا المسار مخزنا في ذواكرها، مما يعني أنها و بشكل طبيعي سترد كل منها على هذا الطلب اســـــتنادا إلى المعلومات المخزنة في كل عقدة، وســـيتم إرسال رد كل عقدة بالتوقيت نفسه تقريبا، على اعتبار أن استقبال الطلب عند كل منها قد تم بالتوقيت نفسه تقريبا.

مثل هذا التزامن في الرد من قبل العقد المختلفة التي استقبلت الطلب يمكن أن يخلق تــصادما في الرزم بين بعض أو كل هذه الردود ،و يؤدي من ثم إلى اختناق في الشبكة اللاسلكية فـــي ذلك الموقع.

بالإضافة إلى ذلك فإن الردود المختلفة ستتضمن مسارات بأطوال مختلفة كما هو مبين في هذا المثال.



الشكل (5.3) إغراق الشبكة بالردود يمكن أن ينتج عندما ترد عدد من العقد على نفس الطلب، استنادا إلى ذواكرها،أما المسار الموجود إلى جانب كل عقدة فيظهر المسار المخزن في كل منها إلى الهدف G

الحل لهذه المشكلة هو أن تقوم كل عقدة بتأخير إرسال ردها لزمن قصير تتنصت خلاله لمعرفة فيما إذا كانت العقدة الطالبة للمسار قد بدأت بالإرسال باستخدام مسار أقصر، هذا التأخير الزمني يمكن تحديده بالمعادلة التالية: $t = H (h - 1 + r)$

حيث **h**: طول المسار المحدد في رد هذه العقدة مقدرا بالقفزات

r :رقم عشوائي يتراوح بين 0 و 1

H :زمن تأخير ثابت، يجب أن يكون ــ على الأقل ــ ضعفي اكبر زمن تأخير لازم لانتشار الإشارة عبر وصلة واحدة ،أو قفزة واحدة.

هذا التأخير المحسوب– كما سبق– يعمل بفعالية على تمايز التواقيت التي تقوم كل عقدة بإرسال ردها فيها، بحيث تقوم كل العقد التي ترسل ردودا تتضمن مسارات اقل من h، بالإرسال قبل هذه العقدة، و كل العقد التي ترسل ردوداً تتضمن مسارات اكبر من h بالإرسال بعد هذه العقدة في هذه الأثناء و ضمن فترة التأخير هذه، تقوم العقدة بالتصنت أو الاستقبال العشوائي (promiscuously) لكل الرزم باحثة عن رزم من العقدة المصدر باتجاه الهدف المعني بالبحث، فإذا تم استقبال مثل هذه الرزم ضمن فترة التأخير، وكان المسار المستخدم في الإرسال مساو ،أو اقل من h، تستخلص حينها حقيقة أن العقدة المصدر قد استقبلت رداً على طلبها يتضمن مساراً مكافئاً، أو أفضل من المسار الذي تمتلكه هذه العقدة، فتقوم بإلغاء عداد زمن التأخير الذي بدأته، وتمتنع عن إرسال ردها على طلب المسار هذا.

4.3.1.3.حدود عدد القفزات لطلبات المسار:

يحتوي كل طلب مسار على حد أقصى مسموح به لعدد القفزات، وذلك بغية استخدامه في تحديد عدد العقد التي يسمح لها بالمشاركة في إيصال هذا الطلب، فيجري إنقاصه بمقدار /1/ بعد كل عملية تسليم (قفزة) ، إلى أن يصل إلى الصفر لتهمل بعدها رسالة الطلب إذا لم يكن قد وجد الهدف بعد.

تستخدم هذه التقنية حالياً لإرسال طلب مسار ذي قدرة انتشار معدومة (Non Propagating) (حد عدد القفزات = 0) ، كطريقة غير مكلفة لتحديد إمكانية وجود العقدة الهدف في جوار العقدة المصدر، أو احتمال وجود عقدة جارة تمتلك مساراً إلى الهدف المطلوب.

إذا لم يرد أي جواب على الطلب بعد انتهاء المهلة الزمنية القصيرة المحددة، تقوم عندها العقدة الراغبة بالتراسل بإرسال طلب مسار ذي قدرة غير محدودة على الانتشار، أي: من دون تحديد لعدد القفزات المسموح بها.

يجب أن نضع في الحسبان أن مثل هذه الطريقة تستخدم أيضا لتطبيق بحث حلقي متوسع للبحث عن هدف ما، فعلى سبيل المثال: بإمكان عقدة ما أن ترسل طلب مسار أولي من دون

قابلية انتشار كما ــ شرحنا سابقاً ــ فإذا لم يتم استلام جواب، يمكنها حينئذٍ البدء بإرسال طلب ذي حد انتشار مساوٍ لقفزة واحدة، والمتابعة كل مرة بإرسال طلب آخر بعد مضاعفة حدود عدد القفزات، مقارنة بالطلب السابق، مما يسمح لها ببحث تدريجي، و تصاعدي عن الهدف من دون السماح لطلب المسار بالانتشار، والتضاعف على كامل الشبكة، ومع ذلك يمكن أن تؤدي هذه المقاربة في البحث الحلقي المتوسع إلى زيادة معدل التأخير الزمني لكشف المسار، على خلفية استخدام عدة محاولات لكشف المسار، والحاجة لانقضاء مهلة زمنية قبل البدء بمحاولة جديدة.

4.1.3.خصائص إضافية لصيانة المسار:

1.4.1.3.إنقاذ الرزم Packet Salvaging:

عند التراسل بين عقدتين في شبكة لاسلكية، يستمر تدفق رزم المعلومات إلى أن يحدث انقطاع في المسار، وعندها يتم إرسال رسالة خطأ مسار كجزء من عملية صيانة المسارات في بروتوكولات Ad Hoc ــ كما شرحنا سابقا ــ و في هذه الحالة ستحاول العقد إنقاذ الرزمة التي حدث عندها الانقطاع بدلاً من إسقاطها، و مطالبة المصدر بإعادة إرسالها من جديد على طول المسار الجديد الذي تم اكتشافه، وذلك عن طريق الاحتفاظ بهذه الرزمة عند العقدة التي أرسلت رسالة خطأ المسار، ومحاولة البحث عن مسار آخر إلى الهدف من ضمن المسارات المخزنة في ذواكرها ابتداء من هذه العقدة. فإذا تم إيجاد مثل هكذا مسار تعمل عندئذ هذه العقدة على إنقاذ الرزمة المسببة للخطأ عن طريق استبدال المسار المحدد في هذه الرزمة بالمسار الجديد الذي وجدته في ذواكرها ثم تقوم بتسليم الرزمة التي تليها على المسار الجديد.

على سبيل المثال في الشكل: (2.3) إذا امتلكت العقدة C في ذواكرها مسارا آخر إلى العقدة E، يمكنها حينها إنقاذ الرزمة التي حدث عندها الانقطاع عن طريق تبديل المسار المخزن لديها بالمسار الجديد المستخلص من ذواكرها، مع الأخذ بعين الاعتبار: أن تلك الرزمة سوف تعلم بأنها قد أنقذت لمنع إعادة إنقاذها مرات أخرى من قبل عقد أخرى، و للحيلولة دون دخول هذه الرزمة في حلقة ناتجة عن تطبيق هذه العملية مرات متتالية، يستبدل في كل منها المسار الأساسي بمسارات بديلة.

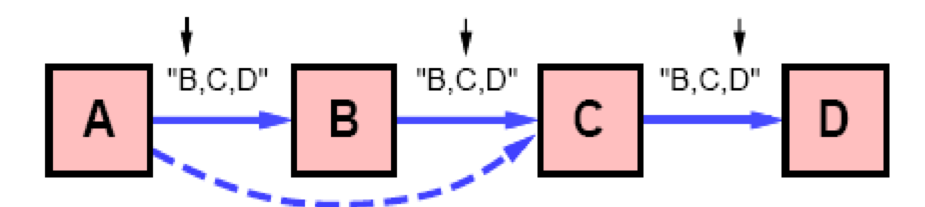
هناك طريقة بديلة أخرى لإنقاذ الرزم: عن طريق استبدال الجزء التالي للعقدة من المسار، بمسار آخر من ذاكرة العقدة التي أرسلت رسالة الخطأ، باتجاه الهدف مشكّلة بذلك مساراً بديلاً كلياً ناتجا عن جمع جزء المسار الأساسي من المصدر حتى العقدة المنقذة مع المسار

المستخلص من ذواكرها، و بشكل طبيعي سيتم التخلص من تكرار العقد ضمن هـذا المـسار كقاعدة أساسية في البروتوكول DSR، مما يعني تجنب الوقوع في مسارات حلقية، أو المرور بعقد سابقة للعقدة المنقذة، كانت الرزمة قد مرت بها أصلا في السابق.

2.4.1.3.الاختصار الأوتوماتيكي للمسار (Automatic route shortening):

المسارات المستخدمة يمكن اختصارها بشكل أوتوماتيكي، إذ أصبح بالإمكان الاسـتغناء عـن عقدة أو أكثر من العقد المشكلة للمسار، إذا تمكنت عقدة ما من استقبال إشارة رزمـة تحمـل معلومات مسار مصدري هي جزء منه، و لم تكن تلك الرسالة موجهة إلى هذه العقدة بالـذات، فتقوم حينها بفحص الجزء الذي لم يتم استخدامه من المسار، كون الرسالة وصلت أصلاً إلـى هذه العقدة دون الحاجة للمرور بعقد سابقة مجدولة في هذا الجزء من المسار، فإذا لم تكن هي الوجهة التالية المقررة لهذه الرزمة (ولكن محددة كوجهة لاحقة لها) ، نستنتج حينها أن جميـع العقد السابقة لها، و التي لم تستخدم للوصول إليها، لا حاجة لها بعد الآن في المـسار الكلـي الأساسي.

يبين الشكل (6.3) : مثالاً يشرح هذه الحالة عند وصول رسالة إلى العقدة C موجهة بالأصـل من A إلى B، ليتم إيصالها لاحقا إلى C، و التي تقوم بعد استلام هذه المعلومات، بإرسال



الشكل (6.3) العقدة C تلاحظ إمكانية اختصار المسار إلى D بعد استقبالاها لرزمة من A كانت موجهة أصلا إلى B

رسالة رد على طلب مسار إلى المرسل الأساسي للرزمة A، يتضمن مسارا جديدا مختـصرا ناتج عن تجميع جزء من المسار الأساسي من المصدر إلى العقـدة التـي أرسـلت الرزمـة المستقبلة عرضيا مع الجزء المتبقي من المسار ابتداء بالعقدة التي أرسلت الرد طواعية، فـي هذا المثال: المسار الذي قدمته C طواعية هو: A C D .

3.4.1.3.الانتشار المتزايد لرسائل خطأ المسار (Route Error):

عندما تستقبل العقدة المصدر رسالة خطأ لرزمة معلومات كانت قد أرسلتها، تقوم حينها بنـشر هذه الرسالة إلى جيرانها عن طريق تحميلها على رسالة طلب المسار التالية، وهذا يعني أنـه

لن يرسل رد على هذا الطلب من قبل العقد المجاورة، استناداً إلى المعلومات المخزنة في ذواكرها، والتي تمتلك مسارات تحتوي على الوصلة المقطوعة المذكورة في رسالة الخطأ.
على سبيل المثال عندما تعلم العقدة A الشكل: (2.3) استناداً إلى رسالة الخطأ الواردة من C، أن الوصلة من C إلى D مقطوعة حاليا، تقوم بإزالتها من ذاكرة المسارات الخاصة بها وتبدأ بعملية بحث عن مسار جديد إذا لم تكن تمتلك أصلا مسارا آخر إلى E فيتم تحميل رسالة الخطأ هذه في رزمة طلب المسار لضمان نشرها إلى العقد الأخرى، و التأكد تماما أن الردود على هذا الطلب التي سوف تستقبل اعتمادا على هذه الرسالة، لن تحتوي على مسارات تكون الوصلة المقطوعة جزءاً منها.

4.4.1.3.تخزين معلومات سلبية:

في بعض الحالات يمكن لـ DSR الاستفادة من تخزين معلومات سلبية في ذاكرة المسارات، مثال على ذلك الشكل: (2.3) حين تخزن العقدة A حقيقة كون الوصلة من C إلى D مقطوعة، بدلا من حذف هذه الوصلة من ذاكرتها، لتضمن بذلك أن أية رسالة رد على طلب مسار، سيتم استقبالها من قبلها بعد تطبيقها عملية بحث جديدة، لن تقبل إذا اعتمدت على الوصلة المقطوعة المخزنة عندها.
هناك أيضا فترة صلاحية سيتم اعتمادها من اجل هذه المعلومة السلبية، حيث تحذف هذه الوصلة بعد انقضاء فترة الصلاحية، حتى لو عادت هذه الوصلة للعمل لاحقا.
في الحقيقة هنالك حالة أخرى يتم فيها الإفادة من تخزين معلومات سلبية في ذاكرة المسارات، و ذلك عند وجود وصلة تؤمن خدمات كثيرة التنوع، في حالة تامين الاتصال بالانترنت أو بشبكة محلية مثلا، تعمل أحياناً بشكل جيد، و غالباً لا تعمل. و في مثل هذه الحالة يمكن أن تظهر على سبيل المثال لا الحصر عندما تقع هذه الوصلة بالقرب من حدود الإرسال اللاسلكي للعقدة المرسلة، وبالقرب من مصدر مسبب للتداخل للعقدة المستقبلة، يمكن حينها بإضافة هذه المعلومة السلبية إلى ذاكرة العقدة، والتي تفيد بأنها مقطوعة لتجنب إعادة إضافة هذه الوصلة غير المستقرة إلى ذاكرة المسارات، أثناء الفترات التي تعمل فيها هذه الوصلة بشكل جيد.

الخلاصة:

لقد بينا في هذا الفصل مبدأ عمل البروتوكول DSR و الآليات الأساسية العاملة ضمنه من آلية كشف المسار و آلية الصيانة إضافة إلى الخصائص الإضافية مثل تخزين المعلومات المستقبلة عرضيا و استخدام المعلومات المخزنة في الرد على طلبات المسار إضافة إلى خاصية منع الإغراق بطلبات المسار وحدود عدد القفزات المسموح به، ثم درسنا الخصائص الأساسية

لآلية صيانة المسار من إنقاذ رزم و اختصار أوتوماتيكي للمسارات و منع الانتــشار المتزايد لرسائل خطأ المسار، وصولا إلى خاصية تخزين المعلومات السلبية.

الفصل الرابع

4.دراسة نقدية لأهم خوارزميات صـــيانة المســـار في بروتوكولات الشبكات اللاسلكية النقالة (MANET)

يتمثل التحدي الرئيس حين تصميم شبكات Ad Hoc، في تطوير بروتوكول توجيــه دينـــامي يستطيع إيجاد مسار بشكل كفي بين عقدتين متواصلتين، أي بتعبير آخر: الغاية الرئيسية مـــن شبكة Ad Hoc النقالة هي: تأمين تراسل كفي، و موثوق بين مستخدمين متنقلين.

تملك شبكات كهذه خواصاً فريدة تميزها عن الشبكات التقليدية الثابتة، و أكثر من ذلـــك فهـــي تحتاج لاستخدام بروتوكولات اتصالات معطيات أكثر كفاءة.

تأتي أهمية هذا البحث من عدة نقاط فهو: أولا يتناول مجالاً يعتبر من المجالات الحديثة نـــسبيا بالنسبة لأنظمة الاتصالات اللاسلكية، إذ نستطيع القول أن بداية تناول هـــذا الموضـــوع فـــي الأبحاث العلمية يعود إلى بداية التسعينات من القرن الماضي و ما تزال حتـــى الآن تطبيقاتـــه العملية، والتجارية محدودة الانتشار على الرغم من التطور السريع، و التوســـع الهائـــل فـــي دراسة هذه التطبيقات وآفاقها المستقبلية.

النقطة الثانية حول أهمية هذه الدراسة تأتي من نقص الدراسات، و المراجـــع العربيـــة التـــي تتناول هذا النوع من الأنظمة، لذا كان لا بد من تسليط الضوء على هذا الموضوع من خـــلال هذه الدراسة، و باللغة العربية على أساسيات هذه الأنظمة، و على هذا الجانب بالـــذات منهـــا كون البروتوكولات العاملة ضمن هذه الأنظمة بشكل عام، و الخوارزميات التي تعتمدها هـــذه البروتوكولات بشكل خاص: هي أهم ما يميز أداء هذه الشبكات، لذا كان لا بد في البدايـــة، و من خلال دراسة نقدية تلخص النقاط المميزة لشبكات MANET و أهم الخوارزميات التي تم التوصل إليها، و تحديد نقاط القوة، و الضعف في هذه الخوارزميات، ليكون نقطة انطلاق فـــي أي تطوير مستقبلي سواء في البروتوكولات المستخدمة ضمن هذه الشبكات عمومـــا، أو فـــي الخوارزميات العاملة ضمن هذه البروتوكولات بشكل خاص، و هو ما سنقوم بتسليط الـــضوء عليه في الفقرات التالية، بالإضافة إلى المراجع التي تم الاعتماد عليها في هذا البحث.

1.4.خوارزميات صيانة المسار:

مما سبق نلاحظ إن بقاء مسار الاتـــصال، و اســـتمراريته و ســـرعة إصـــلاح الانقطاعـــات الحاصلة، و إيجاد مسارات بديلة يعتبر حجرا رئيسا في البناء العام للشبكة، و انطلاقاً من ذلك

سنحاول فيما يلي مراجعة ما أنجز سابقاً، و إلقاء الضوء على أهم الخوارزميات التي ابتكــرت سابقاً، و لنبدأ من الخوارزمية الأسبق زمنياً .

1.1.4.تحديد المسار بالاعتماد على استقرار الإشارة:
(Signal Stability-based adaptive routing)

تقوم هذه الخوارزمية [11] باستخدام معلومات قوة الإشارة، لتقدير استقرار الوصــلة، حيــث يمكن لأي عقدة أن تقيس قوة الإشارة من العقد الأخرى، و تستخدم هــذه المعلومــات لتقــدير استقرار الوصلة معهم، وإذا كانت الإشارة المستقبلة من الجوار قوية فهــذا يعنــي أن العقــد متوضعة بشكل قريب بعضها من البعض الآخر، و يمكن اعتبار الوصلة بينهما مستقرة.

تقوم في هذه الخوارزمية كل عقدة بقياس قوة الإشارة المستقبلة من عقدة أخرى، فــإذا كانــت أعلى من مستوى معين (قيمة العتبة) عندها يمكن اعتبار الوصلة بينهما وصلة قوية، وتكــون المسارات المنشأة عن طريق هذه الوصلات القوية أقوى من المــسارات المنــشأة بالطريقــة العادية و إذا فشلت هذه الخوارزمية في إيجاد مسار من المحاولة الأولى، تقوم بالبحــث عــن مسار في كل الوصلات المتوفرة، و بالطرقة التقليدية المستخدمة في بروتوكول DSR .

تتلخص عيوب هذه الخوارزمية في:

1) الحاجة إلى قدرة أكبر و زمن معالجة أطول .
2) التأخير الزمني الناجم عن فشل الخوارزمية في المحاولة الأولى .
3) انخفاض عدد المسارات المقبولة من مجموع المسارات الممكنة .
4) عدم الأخذ بعين الاعتبار المسارات ذات قوى الإشارة الأقل من قيمة العتبة، و التــي في طريقها إلى الازدياد إلى فوق قيمة العتبة و تشكيل وصلات قوية و هذه النقطــة تحديداً تقودنا إلى الخوارزمية التالية التي ناقشت هذه النقطة.

2.1.4.النموذج المتقدم لتقدير استقرار الوصلة بالاعتماد على قوة الإشارة:
(Advanced signal strength based link stability estimation model)

في الخوارزمية السابقة يتقرر استقرار الوصلة بالاعتماد على قوة الإشارة ، أمــا هنــا فقــد أضيف بارومتر جديد هــو قــوة فــروق الإشــارة : (differentiated signal strength) اختصاراً DSS [12] ، فيمكن بالاعتماد على هذا البارومتر ملاحظة ارتفاع أو انخفاض قوة الإشارة، فإذا كانت قوة الإشارة تزداد هذا يعني إن المــسافة أصــبحت اقــرب، و الوصــلة أصبحت أقوى، و يتجلى الاختلاف عن الخوارزمية السابقة، بأن السابقة لا تأخذ بعين الاعتبار

إلا الوصلات التي تكون فيها قوة الإشارة أعلى من عتبة معينة بينما تأخذ هذه الخوارزمية بالاعتبار كلا من وصلات الإشارة القوية و وصلات الإشارة الضعيفة التي تتزايد قوة الإشارة فيها لتقترب من الوصلة القوية . و عيوب هذه الخوارزمية هي:

1) الحاجة إلى قدرة معالجة أكبر و تخزين كم أكبر من المعلومات.
2) عدم اعتبار الوصلات التي تكون فيها قوة الإشارة فوق مستوى العتبة و آخذة بالانخفاض.

مما سبق نلاحظ أن كلاً من الخوارزميتين انتقائيتين أي: يتوفر لديهما عدد من الخيارات، فكلتاهما تأخذان بعين الاعتبار الحالات التي تكون فيها قوة الإشارة أعلى من مستوى العتبة، مما يعني انه يمكن في بعض الحالات ألا تصادف وصلات تحقق الشروط المطلوبة، و من ثم لن تعمل الخوارزميات، و ستلجأ إلى الحل الثانوي المتمثل بالعودة إلى الحالة الأصلية للبروتوكول، الأمر الذي يقودنا إلى الخوارزمية الثالثة:

3.1.4.بروتوكول التوجيه على أساس مترابط (ABR):
(Associatively Based Routing protocol)

ABR يطبق مخطط تحديد المسار على أساس ترابطي لاختيار المسارات التي تحتمل أن تستمر لوقت طويل، فإذا حدث أي انكسار في الوصلة يمكن أن تحدث إحدى حالتين [13] :

- إذا كانت العقدة A أقرب إلى المصدر منها إلى الهدف، ترسل رسالة خطأ مسار إلى المصدر، وعندها سيبدأ المصدر باكتشاف مسار لإصلاح المسار بين النهايتين المنقطعتين.
- إذا لم تكن العقدة كما سبق عندها سوف تبث طلب مسار مع مدى قفزات مكافئ لعدد القفزات التي كان من المفترض أن تقطعها قبل حدوث الانقطاع، و فقط العقدة الهدف في هذه الحالة هي القادرة على الرد على هذا الطلب، فإذا نجح هذا العمل أصلح المسار، و لن يبلغ عن خطأ في المسار، و إذا لم ينجح فسوف يبلغ عن خطا في المسار إلى العقدة التي تسبق العقدة A، و التي ستبدأ بدورها تكرار الحالتين السابقتين مرة ثانية، و سيتكرر هذا الوضع إلى أن يحدث أحد الأمرين التاليين :

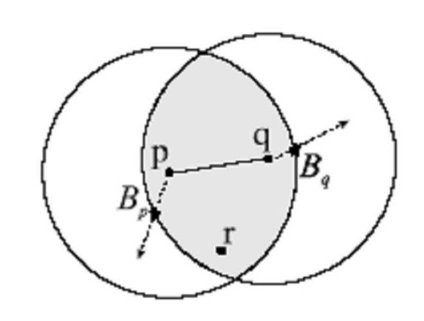
أولاً إصلاح المسار المقطوع، أو ثانياً الوصول إلى عقدة في النصف الأول من المسار.
و تتمثل عيوب هذه الطريقة بأنها يمكن أن تأخذ حجماً أكبر من عرض الحزمة، و تأخيراً أكبر إذا استمرت العملية السابقة بالفشل.

نلاحظ مما سبق: أن هذه الخوارزميات تعمل فقط في حال انقطاع المسار، الأمر الذي يؤدي إلى ضياع كم من المعلومات، و كم أكبر من الزمن، و قد عالجت ذلك الخوارزمية التالية التي تحاول إصلاح المسار قبل حدوث الانقطاع:

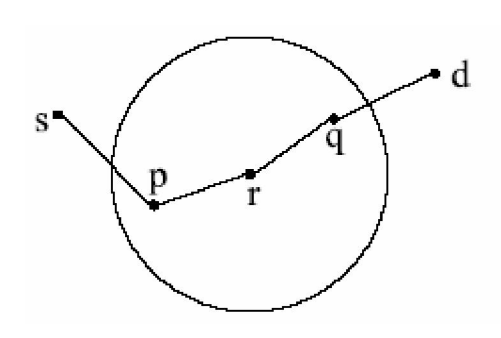
4.1.4.الصيانة المسبقة للمسار في شبكات Ad Hoc النقالة المدعومة بالموقع:

(Anticipated Route Maintenance (ARM) in location Aided mobile Ad Hoc Network)

يستفيد هذا البروتوكول من المعلومات الجغرافية من خلال أي نظام موضع مثل النظام العالمي للموقع GPS لاستباق فشل المسار، الهدف الرئيسي من ARM [14]: هو تأمين تدفق مستمر للحزم في الشبكة، و الذي يعتبر أمراً مهماً في النظم التي تدعم: QoS تطبيقات جودة الخدمة، و الزمن الحقيقي، و أكثر من ذلك فإن : (ARM) يحاول أن يتفادى أي انقطاع في خدمات الشبكة، و يقلل من الحاجة لإيجاد مسار جديد.



الشكل (1.4) الوصلات الضعيفة و الأماكن المتوقعة للعقد



الشكل (2.4) إضافة عقدة وصل إلى المسار

يتألف ARM من صيغتي عمل(تمدد و تقلص)، فعلى سبيل المثال: إذا وجدت عقدتان P , Q كما في الشكل (1.4) ، في مجال بعضهما البعض، و لكن حركتهما قد تؤدي إلى انكسار الوصلة، فإذا وجدت عقدة أخرى r في مجاليهما، يمكن عندها أن تكون صلة الوصل بين العقدتين، أي أن خوارزمية التوسع تجد عقدة لتملأ الثغرة بين : p و q ، مما يسمح باستمرار المسار بالعمل، كما في الشكل (2.4).

و تبرز عيوب هذا البروتوكول فيما يلي:

1) تستخدم هذه الطريقة مع أنظمة GPS.
2) يجب أن تكون كل الوصلات ثنائية الاتجاه.

3) يجب أن تحصل كل عقدة على معلومات إضافية عن (الموقــع– الــسرعة – اتجــاه الحركة).

4) ضرورة توسيع ذاكرة المسار لتستوعب المواقع و السرعة للعقد الأخرى.

و بسبب كون هذه الخوارزمية تعتمد على أنظمة أخرى متداخلة معها مثــل GPS و غيرهــا أدى ذلك إلى المحاولة للحصول على خوارزمية اقل اعتماداً على أنظمــة خارجيــة و أكثــر استقلالية.

5.1.4.صيانة المسار الفعال (Active Route Maintenance):

الفكرة الأساسية هي تحسين قوة الوصلة بين عقدتين، و البدء بتطبيق بعض الخطوات عنــدما تصبح الوصلة غير موثوقة، في هذه الحالة لا حاجة لتخزين أية معلومات، و لا داعي لانتظار انكسار الوصلة [15].

في بروتوكول صيانة المسار هنا يقترح إيجاد عقد فعالة (عاملة) ، يتوقــع أن تــسبب وصــلة ضعيفة في المستقبل، وعن طريق مراقبة قوة الإشارة، و استقرار المجموعات المتجاورة، فإن المضيفين (hosts) المشكلين لطرفي وصلة ضعيفة، أو غير موثوقة ســوف ينفــذان عمليــة تعيين عقدة فعالة (Action Node Determination)، لتقرير فيما إذا كان المضيف نفــسه يشكل عقدة فعالة ، فإذا كانت كذلك تبدأ بعملية إعادة إنشاء مسار محلي، لإصــلاح الوصــلة الــضعيفة، قبــل انقطــاع المــسار : local route re-establish process، أو اختــصاراً (LRRP) .

ولكن لهذه الطريقة المثالب التالية:

1) الحاجة إلى أنواع جديدة من رزم التحكم ،و كمية معالجة أكبر.

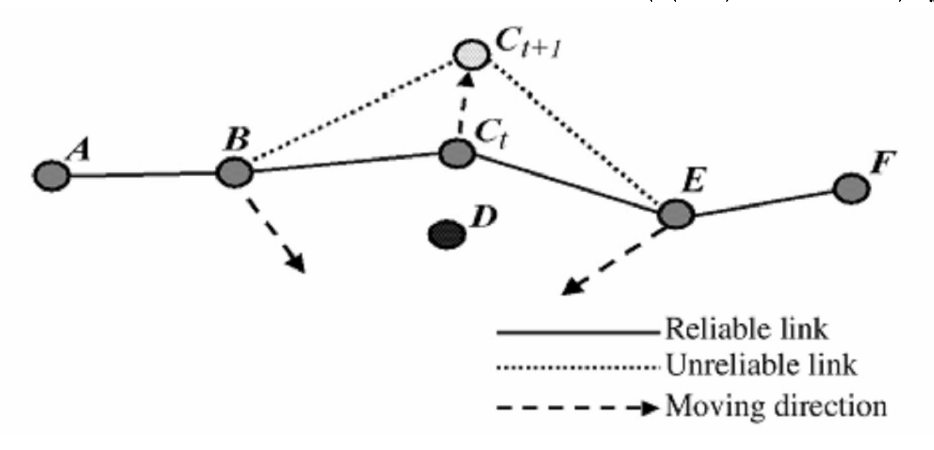
2) إمكانية اكتشاف مثل هذه الرزم في أماكن التقاطعات محدودة.

فيما سبق درسنا مجموعة من التقنيات تقوم بإصلاح الوصلات، و المــسارات المقطوعــة، و أخرى تعمل على استباق الانقطاع في المسارات، و الوصلات، وفي كل تلــك الخوارزميــات مجتمعة يوجد دائماً فشل الخوارزمية مرة، أو أكثر، ولا يوجد حدود مقيدة لاستمرار عمل تلك الخوارزميات عندما تستمر بالفشل على عكس ما تطرحه الخوارزمية التاليــة التــي تــدعى بخوارزمية مقاربة الجوار لإصلاح الوصلة:

6.1.4.مقاربة الجوار لإصلاح الوصلة:
(Proximity Approach to Connection Healing Patch Algorithm)

أو خوارزمية الترميم (الترقيع) [16] .

عندما تكتشف عقدة وسيطية ما A مثلاً،أن الوصلة إلى القفزة التالية قد انقطعت فإنها تقوم بما يلي (انظر الشكل (3.4)) :



الشكل (3.4) مثال عن المسار من A إلى B

I. تخزين حزمة المعلومات في ذاكرة (BUFFER)، وهي معلومات الإصلاح المحليـــة، و ضبط عداد زمن الانتهاء على وقت محدد : 0.1 s مثلاً.

II. إرسال طلب إصلاح محلي على مجال واسع، مؤلف من قفزتين يحتوي على تسلـــسل العقد الباقية على المسار الأصلي من A إلى الهدف D، وكل عقـــدة تـــستقبل طلـــب الإصلاح المحلي سوف تفحص فيما إذا كانت على قائمة العقد ، فإذا كانـــت كـــذلك ، فسوف ترسل رداً على طلب الإصلاح.

III. عند استقبال الرد على طلب الإصلاح فان العقـــدة A ســـوف تـــستعيد المعلومـــات المخزنة في الذاكرة المحلية، و ترسلها مستخدمة المسار الذي أصلح، وفـــي الوقـــت نفسه سوف ترسل معلومات هذا المسار، و الوصلة المقطوعة إلى العقدة المصدر: S، حيث سيستخدم المسار الذي أصلح في الاتصالات المستقبلية.

IV. إذا لم يستقبل رد بعد انتهاء وقت عداد الإصلاح المحلي تلغى حزمـــة المعلومـــات، و ترسل رسالة خطأ إلى المصدر من قبل العقدة A، و عندها يمكن للمصدر البدء بجولة جديدة لاكتشاف مسار جديد.

و لهذه الخوارزمية سيئتان:

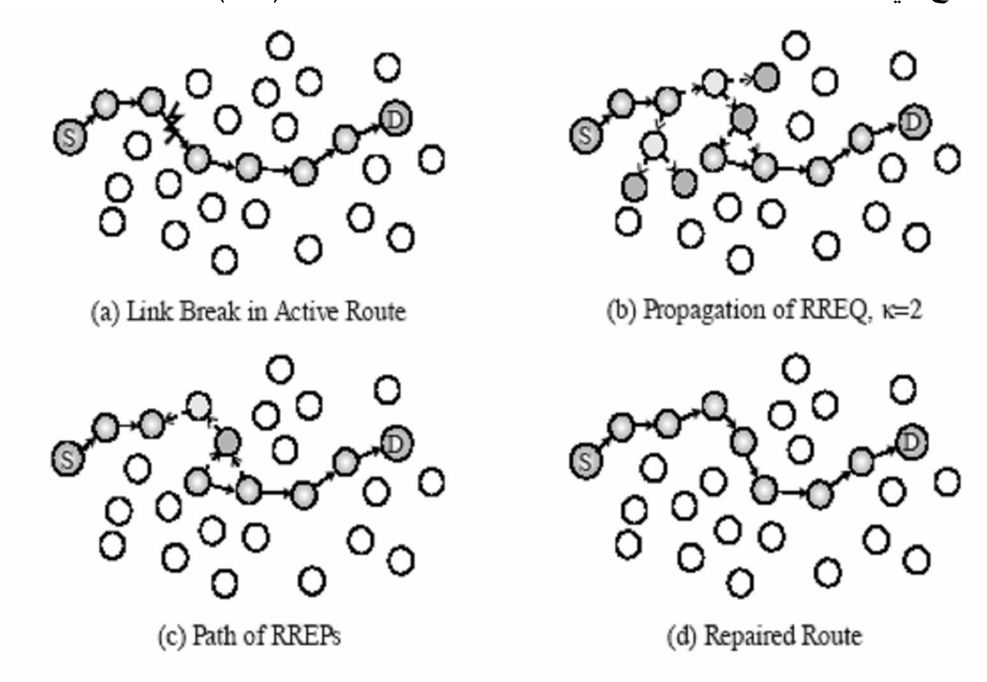
1) مجال التزايد لطلبات الإصلاح المحلي يمكن التلاعب فيه، و هو الأمر الـــذي يشكل نقطة التمايز التي تكلمنا عنها عند بداية تحليلنا لهذه الخوارزميـــة، ألا و هو ضبط زمن الانتهاء، إذ فرضنا على سبيل المثال أنـــه :0.1، إلا أن هـــذا الرقم يجب أن يكون محدداً بضوابط معينة تفرضها طبيعة الشبكة، و حجمها، و مواصفاتها الفنية، و أولويات الـــشبكة، بحيـــث لا يـــؤدي اســـتخدام هـــذه الخوارزمية إلى نتائج اقل إرضاء مما هو الحال دونها، وإلا فما الجدوى مـــن استخدامها.

2) كلما ازداد مجال طلبات الإصلاح ازداد سقف حزم التحكم.

7.1.4.البحث الحلقي المتوسع و محلية الاستعلام:

(Expanding Ring Search and Query Localization)

تستخدم هذه الطريقة لتقليص حجم المنطقة التي يجري البحث فيها خلال عملية اكتشاف المسار، و يستخدم فيها أيضا الإصلاحات الموضعية لتأمين ترقيع فوري (Patching) للانقطاع في المسارات الفعالة المستخدمة [17] ، انظر الشكل (4.4).



الشكل (4.4)مثال عن محلية الاستعلام يوضح مراحل عمل الخوارزمية

a انقطاع المسار — b إرسال طلب مسار صالح لقفزتين فقط

c مسارات الردود على الطلب — d المسار الجديد بعد الإصلاح

تستخدم هذه الطريقة كلا التقنيتين: البحث الحلقي المتوسع، و محلية الاستعلام،ويعني البحـــث الحلقي المتوسع أن البحث يتوسع إلى عقد مجاورة، بينما تكمن محلية الاستعلام بمحدودية عدد

القفزات أثناء البحث بعد الانقطاع، فعندما تتكسر الوصلة لا تسمح هـذه الخوارزميـة للعقـدة بتوليد رسالة خطأ مسار (RERR) ، و تجبر العقدة على تخزين رزم المعلومات، في الوقـت نفسه الذي تحاول فيه إيجاد مسار آخر إلى الهدف أو إيجاد أية عقدة أخرى تعرف على الأقـل مساراً واحداً إلى الهدف.

و يتمثل العيب الأساسي لهذه الطريقة في: أن العقدة المتوسطة تنتظر حتى يحدث الانقطاع، ثم تنفذ الإصلاح المحلي مما يعني أن بعض الرزم سوف تضيع ، أو على الأقل سيحدث المزيد من التأخير لتلك الرزم ، لذا سوف يستخدم عدد كبير من رزم التحكم، لأن العقدة المتوسطة سوف تسأل عن الهدف، و أسوأ ما يمكن أن يحدث، هو عندما تفشل هذه العقد في إيجاد مسار آخر.

8.1.4.جدولة إعادة الكشف مسبقاً :

(Schedule a Rediscovery in advance)

في مثل هذه الحالة عندما تصل رزمة الرد إلى العقدة المصدر، فإنها تقوم بتجميع المعلومـات من الوصلات، حيث سيكون معلوماً للعقدة المصدر حالة كل الوصلات، التي مـرت خلالهـا حزمة الرد [18] .

ولكن هذه الطريقة تتطلب المزيد من حزم التحكم ، والتي تزيد بدورها مـن حجـم الـذواكر، إضافة إلى حاجة المصدر إلى بث رسالة طلب مسار : route request [RREQ] ، ممـا يعني المزيد من عرض الحزمة، و المزيد من التأخير. و أهم من هذا كله أنه لا يوجد طريقـة للتأكد، أو الثقة بهذه المعلومات عندما يكون معدل نقل المعلومات مرتفعاً، أو عنـدما تتحـرك العقد بسرعة.

و بشكل قريب إلى حد ما للخوارزمية السابقة ظهرت خوارزمية جديدة مؤخراً تعتمد على مبدأ مشابه إلى حد ما، و هي طريقة تعدد المسارات .

9.1.4.تعدد المسارات (Multi path):

هذه الطريقة يمكن استخدامها لحالات الصيانة، مع أنها لم تصمم بالأساس لهذا السبب، و ذلك بتخزين أكثر من مسار إلى العقدة الهدف، في العقدة المصدر، أو تخزين أكثر من مسار فـي كل عقدة، إلى العقدة الهدف [19] ، [20]

و تتلخص عيوب هذه الطريقة فيما يلي :

1) تعتمد هذه الطريقة على رزم طلب المسار [RREQ] ، لتخزين المسارات، و هذا يعني أنها ستجبر الهدف على الرد على كل رزمة .
2) ليس من الضروري أن تجد كل عقدة أكثر من مسار إلى الهدف .
3) المشكلة الأساسية هو زمن الحياة لكل مسار لأنها مسارات لاسلكية، و ديناميكية (متحركة) ، و من الممكن أن تتعرض للانكسار، أو أن لا تبقى فعالة لفترات طويلة.

بالمحصلة نستطيع تلخيص نتائج الدراسة السابقة لكل خوارزمية كما يلي:

الجدول (1.4) مقارنة بين أنواع الخوارزميات

الخوارزمية	المزايا	العيوب
1.تحديد المسار بالاعتماد على استقرار الإشارة.	1. الوصلات أكثر قوة، و استقراراً 2.زمن بقاء المسار اكبر. 3. انخفاض عدد رسائل الخطأ الناتجة عن انقطاع المسارات.	1. الحاجة لقدرة، و زمن معالجة اكبر 2. التأخير الزمني الناجم عن فشل الخوارزمية في المحاولة الأولى 3. انخفاض عدد المسارات المقبولة من مجموع المسارات الممكنة. 4. عدم الأخذ بعين الاعتبار المسارات ذات قوى الإشارة الأقل من قيمة العتبة، و التي في طريقها إلى الازدياد إلى فوق قيمة العتبة، و تشكيل وصلات قوية .
2. النموذج المتقدم لتقدير استقرار الوصلة بالاعتماد على قوة الإشارة.	1. انخفاض عدد رسائل الخطأ الناجمة عن انقطاع المسارات. 2. الوصلات أكثر قوة، و استقراراً من الوصلات المنشاة بالطرق العادية، و حتى من الوصلات المنشاة بالطريقة السابقة.	1. الحاجة إلى قدرة معالجة اكبر، و تخزين كم اكبر من المعلومات. 2. عدم اعتبار الوصلات التي تكون فيها قوة الإشارة فوق مستوى العتبة، و آخذة بالانخفاض.
السلبية المشتركة في كلا الخوارزميتين السابقتين: أنهما تأخذان بالاعتبار الحالات التي تكون فيها قوة الإشارة أكبر من مستوى العتبة، مما يعني انه من الممكن في بعض الحالات ألا تصادف وصلات تحقق الشروط المطلوبة، ومن ثمَ لن تعمل هذه الخوارزميات		
3.بروتوكول التوجيه على أساس مترابط	1.زمن بقاء المسار أكبر من زمنه الحالة العادية. 2.سرعة في إصلاح المسار كون	تأخذ حجماً أكبر من عرض الحزمة و تأخيراً أكبر

	العقد المعنية بالإصلاح: هي فقط العقد التي تم عندها الانكسار بدلاً من إشغال كامل عقد المسار. 3. انخفاض عدد طلبات المسار.	
4. الصيانة المسبقة للمسار في شبكات Ad Hoc النقالة المدعومة بالموقع	1. التدفق المستمر للمعلومات ضمن الشبكة دون انقطاع . 2. إمكانية دعمها لتطبيقات (QoS) و الزمن الحقيقي . 3. تفادي الانقطاعات فيه، و انخفاض الحاجة لإيجاد مسار جديد.	1. تستخدم هذه الطريقة مع أنظمة GPS. 2. يجب أن تكون كل الوصلات ثنائية الاتجاه. 3. يجب أن تحصل كل عقدة على معلومات إضافية عن (الموقع- السرعة – اتجاه الحركة). 4. ضرورة توسيع ذاكرة المسار لتستوعب المواقع و السرعة للعقد الأخرى
5. صيانة المسار الفعال	1. ازدياد زمن بقاء المسار الفعال، و بالتالي انخفاض الحاجة لاكتشاف مسارات جديدة، مما يعني انخفاض عدد رزم طلب المسار. 2. ازدياد الموثوقية في الوصلات المنشأة كونها تحت رقابة، و فحص دائمين. 3. لا يتم الانتظار حتى انقطاع الوصلة، و إنما يتم استباق ذلك، و استبدالها قبل أن يتم الانقطاع مما ينتج عنه توفير في الوقت.	1. الحاجة إلى أنواع جديدة من رزم التحكم، و كمية معالجة أكبر. 2. إمكانية اكتشاف العقد الموصوفة في هذه الخوارزمية، في أماكن التقاطعات محدودة.
هناك عيب مشترك بين الخوارزميات السابقة التي تقوم باستباق انقطاع الوصلة، ألا وهو عدم وجود قيود حول استمرار استخدام هذه الخوارزميات، و فيما إذا كان التوقف عن استخدامها و البداية من جديد أكثر جدوى.		
6. مقاربة الجوار لإصلاح الوصلة	1. الاحتفاظ بالمعلومات أثناء الحالات الحرجة، و عدم الحاجة لإشغال المسار بإعادة إرسال المعلومات الضائعة، و رزم التحكم المتعلقة بذلك، و بإعادة الكشف عن مسار جديد. 2. توفير في الوقت، و الطاقة المتعلقة	1. مجال التزايد لطلبات الإصلاح المحلي يمكن التلاعب فيه. 2. كلما ازداد مجال طلبات الإصلاح ازداد سقف حزم التحكم.

	بإعادة الإرسال 3.توفير في طاقة المعالجة بالنسبة للخوارزمية السابقة. 4.وضع حد زمني لاستمرار عمل هذه الخوارزمية، لتوفير الزمن الضائع بالإصلاح.	
7.البحث الحلقي المتوسع، و محلية الاستعلام	1.تقليص حجم المنطقة التي يجري البحث فيها خلال عملية اكتشاف المسار مما يعني إشغال اقل للشبكة، و حزم تحكم اقل أي انخفاض في عرض الحزمة عن الحالة السابقة. 2.المحافظة على المعلومات من خلال تخزينها، في ذوا كر خاصة. 3.توفير أكثر في الطاقة عن الحالة السابقة.	1.الانتظار حتى حصول الانقطاع لإطلاق هذه الخوارزمية و هي تشترك مع الخوارزمية السابقة بهذه السيئة. 2.تأخير زمني لرزم المعلومات عند حدوث الانقطاع. 3.عدم وجود حد لاستمرار هذه العملية إذ يمكن أن يحدث أسوأ سيناريو عندما تفشل العقدة الوسيطة في إيجاد أي مسار آخر.
8.جدولة إعادة الكشف مسبقاً	1.حصول كل عقدة على كم كبير من المعلومات حول وضع الشبكة، أو على الأقل العقد المحيطة، و المسارات المحتملة. 2.وجود خيارات عديدة محتملة في حال حصول انقطاع، أو فشل في احد المسارات. 3.توفير طاقة المعالجة. 4.بساطة المبدأ.	1.لا يوجد طريقة للتأكد، أو الثقة بهذه المعلومات عندما يكون معدل نقل المعلومات مرتفعاً, أو عندما تتحرك العقد بسرعة. 2.الحاجة إلى المزيد من حزم التحكم، والتي تزيد بدورها من حجم الذواكر إضافة إلى حاجة المصدر إلى بث رسالة طلب مسار [RREQ] ، مما يعني المزيد من عرض الحزمة، و المزيد من التأخير . 3.هي طريقة غير عملية في حالات الحركية العالية، إذ تستمر العقد بإعادة الكشف، و الإرسال عند كل انقطاع. 4.الحاجة إلى حجم ذواكر اكبر، لتخزين المعلومات الواردة.
9.تعدد المسارات	1.تخزن العقد أكثر من مسار إلى الهدف بدلا من كل المعلومات	1.تعتمد هذه الطريقة على رزم طلب المسار [RREQ] لتخزين

	الواردة من الوصلات في الحالة السابقة. 2. وجود أكثر من خيار جاهز للاستخدام فوراً. 3. البساطة، و السهولة. 4. الحاجة إلى ذوا كر اقل من الخوارزمية السابقة.	المسارات، و هذا يعني أنها ستجبر الهدف على الرد على كل رزمة . 2. ليس من الضروري أن تجد كل عقدة أكثر من مسار إلى الهدف . 3. المشكلة الأساسية هو زمن الحياة لكل مسار، لأنها مسارات لاسلكية، و ديناميكية (متحركة) ، و من الممكن أن تتعرض للانكسار ،أو أن لا تبقى فعالة لفترات طويلة.
هناك عيب أساسي يجمع بين الخوارزميات الأربع السابقة: ألا وهو الانتظار حتى حدوث الانقطاع لبدء عمل هذه الخوارزمية، و لو مؤقتاً، و ضياع المعلومات في بعض الحالات، و المزيد من التأخير.		

2.4.الاستنتاجات و الخلاصة:

نستطيع اعتماداً على ما سبق أن نستنتج المزايا العامة لخوارزميات Ad Hoc و التي يمكن تلخيصها كالآتي:

1. سهولة التصميم، و بساطة العمل.
2. توفير في الطاقة المستهلكة، و طاقة المعالجة.
3. تأخير زمني منخفض.
4. حزم تحكم أقل، ورسائل خطأ و طلب مسارات أقل.
5. ذواكر أقل.
6. استباق انقطاع المسارات و إصلاحها قبل الانقطاع، و بشكل سريع.
7. الموثوقية العالية.
8. وصلات أكثر قوة، و استقراراً، وزمن بقاء أعلى للمسارات.
9. تخفيض عدد المسارات المنشأة.
10. المحافظة على المعلومات المرسلة و تقليص المعلومات الضائعة ما أمكن.

اعتماداً على ما سبق يجب الحرص في الخوارزمية المراد تطويرها مع الأخذ بعين الاعتبار المزايا السابقة، و العمل على توافر اكبر قدر منها في الخوارزمية المنشودة، و تجاوز العيوب و المثالب التي مررنا عليها سابقاً قدر الإمكان مع الأخذ بعين الاعتبار نوعية الخدمة المطلوبة

من كل بروتوكول، إذ يفرض علينا أحيانا و بحسب السيناريو المرغوب أن نضحي عن عمد ببعض الخصائص و المميزات و التي من الممكن أن لا تعتبر مهمة في حالة ما مقابل الحصول على مميزات تعتبر جذرية في عمل البروتوكول في تلك الحالة، فعلى سبيل المثال ازدياد قدرة المعالجة و سرعة المعالجة في وضع ما تنعكس إيجاباً على موثوقية النظام، و كفاءته إلا أنها تؤدي إلى ازدياد استهلاك الطاقة، و هذه السلبية في ازدياد استهلاك الطاقة يمكن القبول بها في بعض الحالات الاستثنائية، كالعمليات الحربية مثلا، والتي يكون فيها الموثوقية و سرعة الاستجابة عاملاً حاسماً و ذو أولوية.

الفصل الخامس

5.تحسين إمكانية النمو في شبكات MANET:

مع التطور الحاصل في حقل الاتصالات اللاسلكية، و استخدام أجهزة اتــصالات، و أجهــزة حاسوب ذات الحجم الصغير، و قدرة المعالجة العالية، بشكل متزايد في جميع نواحي الحيــاة، مثل أجهزة الحاسب المحمول، و الأجهزة الرقمية الكفية المدعومة بتقنيات الاتصال اللاسلكي، أدى إلى ازدياد الاهتمام بتقنيات شبكات Ad Hoc النقالة بشكل خاص، و اقتراح عــدد مــن بروتوكولات التوجيه المساعدة.

انطلاقا من حقيقة: أن عرض الحزمة المتاح للعقد في شبكات MANET محدود بشكل خانق، و من أن أعداد هذه العقد محدود أيضا، فيها مقارنة بشبكة الانترنت اللاسلكية، فــان مــشكلة مقياس الشبكة بالنسبة للبروتوكولات اللاسلكية، متعددة القفزات، تتعلق بشكل كبيــر، بالعــدد المتعاظم لرسائل المسار فوق الحد الأقصى، و الذي يتسبب بــه ازديــاد كثافــة الــشبكة، و حركيتها، و في الواقع المشاكل المتعلقة بمقياس الشبكة في شبكات Ad Hoc، بــدأت تجــذب الكثير من الاهتمام، و لاسيما أن مرونة هذه الشبكات، و قدرتها على التوسع يعد أمــراً فــائق الأهمية عند استخدام، و تشغيل شبكات Ad Hoc في حال أردنــا الاســتفادة القــصوى مــن إمكانات هذه التقنية.

1.5.الشبكة القابلة للنمو scalable network:

في الحقيقة، و بالرغم من التطوير المطرد لتقنية شبكات MANET، إلا أنها حتــى الآن، لــم تصل إلى مراحل النضوج النهائية، و نستطيع تشبيه هذه المرحلــة بالنــسبة لهــا، بالمراحــل الأولى للإنترنت، حيث لم يتوقع أحد النمو المتفجر الذي وصلت إليه، و على عكس الانترنــت يعتبر حجم الشبكة، و عدد مستخدميها من الأمور الشديدة التأثير على أدائها بل أبعد من ذلك، نستطيع القول: أن شبكات Ad Hoc الحالية، تفقد مرونتها، أو بــالأحرى يــنخفض أداؤهــا مقارنة بأنواع أخرى من الشبكات، عندما يتعدى عدد عقدها بضع مئات، و هنا يبرز الــسؤال كيف نجعل شبكة Ad Hoc تسمو بأدائها لتتمكن من استيعاب الآلاف مــن العقــد، أو حتــى الملايين؟

إن هذا السؤال يعتبر أساسيا إذا ما أردنا النجاح لهذه التقنية في سوق الاستهلاك، ولكي نوضح هذه النقطة بالذات دعونا أولاً نعرف مصطلح قابلية النمو للــشبكة(network scalability) ، و نعني به هنا إمكانية زيادة معدل العقد في الشبكة إلى مستوى عالٍ، و في منطقــة جغرافيــة كبيرة.

و لعل معظم الدراسات السابقة، و الحالية، كانت تركز على مشاكل أداء الشبكات، و استهلاك الطاقة في الشبكات الصغيرة، و قلما كانت تركز على قابلية التطور، ومقاييس، و أحجام تلــك الشبكات [21]، حيث سنحدد في الفقرة التالية النقاط، و المشاكل التي تؤثر على رفــع قابليــة التطور للشبكة، أو تمنع نموها.

2.5.المشاكل و المعوقات الأساسية التي تقف في وجه نمو الشبكة:

1. يتزايد عدد الرزم الذي يتوجب على كل عقدة أن تنقله، و كمية البيانات التي يحتفظ بها عند كل عقدة، مع تزايد حجم الشبكة.
2. تنهار معظم البروتوكولات المعروفة في الشبكات الكبيرة.
3. في البروتوكولات المقادة بالجداول، تتعرض الشبكة لتحميلٍ زائدٍ، بسبب ازدياد عدد و حجم جداول التوجيه، و ازدياد الحاجة لصيانتها بشكل مستمر.
4. في البروتوكولات العاملة عند الطلب (on demand) ، يؤدي ازدياد التأخير الزمني أثناء البحث عن المسارات، إلى إغراق الشبكة برزم البحث.

3.5.زيادة المرونة و تحسين قدرة النمو و التوسع في البروتوكولات الحالية:

بروتوكول التوجيه ذي المرونة العالية، و قابلية الاستمرار بالعمل مع ازدياد مقياس الشبكة، يجب أن يحقق ما يلي:

1. معدل نقلٍ عالٍ.
2. معدل تأخير من طرف إلى طرف end to end منخفض.
3. معدل منخفض لزيادة التحميل برزم التحكم.
4. معدل تسليم عالي للرزم.

ســنعتبر هذه القيم نقطة الانطلاق في هذا البحث من أجل تحــــسين أداء البروتوكول العامل في Ad Hoc، و سنحاول من خلال هذه الدراسة تحسين قيم هذه المعدلات، والذي سيرفع من كفاءة البروتوكول، مما سيعطيه هامشاً إضافياً للتعامل مع عدد أكبر من العقد، مما يعني رفع كفاءته للعمل في شبكات أكبر، و هو الهدف المنشود.

4.5.التعديلات المقترحة على بنية البروتوكول DSR:

تقسم بروتوكولات التوجيه التي تعتبر أساسية في بناء شبكات ad hoc، إلى نوعين:

- بروتوكولات مقادة بالجداول (Table-driven).
- بروتوكولات تعمل عند الطلب (on-demand) ، أو بروتوكـولات تعمـل بطلـب مـن المصدر (Source initiated).

تحاول البروتوكولات المقادة بالجداول، الحصول بشكلٍ متواصلٍ على معلومات عن المسارات الممكنة بين جميع عقد الشبكة، و تقوم بتحديث هذه المعلومات بشكل مستمر، وهـذا يتطلـب خوارزميات تقوم بإرسال رسائل طلب لتحديث المعلومات عن الشبكة بشكل مستمر، و علـى فترات ، الأمر الذي يؤدي إلى تزايد هذه الرسائل ضمن الشبكة بشكل كبير، مما يـؤدي إلـى تحميل زائد عن الحد، و إبطـاء للـشبكة نظـرا لكميـة المعلومـات الـضخمة التـي يـتم تناقلها(traffic) ، و يؤثر على الاستفادة من كامل عرض الحزمة، و نقل رسائل المعلومـات، ناهيك عن الأثر السلبي على استهلاك الطاقة.

الفائدة الأساسية لهذا النوع هي إمكانية إيجاد مسار إلى أية وجهة دون الدخول في تعقيـدات و مشاكل التأخير الزمني من البحث عن المسار.

في البروتوكولات العاملة حسب الطلب، و على العكس مـن سـابقاتها، نلاحـظ أن: العقـدة المصدر يجب أن تنتظر حتى يكتشف مسار إلى العقدة الهدف، و عندها فقط يجري الإرسـال مما يقلل التحميل الزائد للشبكة بمعلومات غير ضرورية، مقارنة بالنوع السابق الـذي يبحـث فيه، و باستمرار عن عدد كبير من المسارات، و التي لا يستفاد منها.

بمقارنة النوعين السابقين نلاحظ أننا مضطرون للمقايضة بين التحميـل الزائـد النـاتج عـن المحافظة على عدد كبير من المسارات الممكنة، و ما يقابله من تحميـل نـاتج عـن إنـشاء مسارات جديدة، و إصلاحها [22] .

ما يهم معرفته في هذه الدراسة أنه يوجد دائما في كلا النوعين من الخوارزميات مـسار بديل لا يستخدم إلا بعد التأكد من فشل المسار الفعال الأساسي إلى الوجهة نفسها، و كما نعلـم فـي أنظمة تراسل المعطيات تكون الكلفة إذا قدرت بالزمن مرتفعة، عند وقوع فشل في الإرسـال نظراً للتأخير الزمني الذي سيحدث في إرسال الرزم ، إذ لا بد من إعادة الإرسال عدة مـرات و الانتظار حتى انتهاء المهلة المحددة مســبقا لكل نظام، حتى يعد هـذا المـسار خـارج الخدمة [23] .

بالمحصلة حين فشل مســـار هناك خسارة زمنية كبيرة، و ستعاني رزم المعلومات من تأخير زمني ضخم إلى أن يتم التأكد من الفشل، و ما يليه من زمن ضائع في إعادة إنشاء

مسار بديل [24] .
سنستعرض فيما يلي خوارزمية جديدة تعتمد على علاقات رياضية بسيطة في علم المثلثـــات، يمكن استخدامها في صيانة المسارات الفعالة، و إبقائها قيد الاستخدام لفتــرة أطــول، وذلــك بإيجاد وصلات بديلة عن الوصلات التي في طريقها للانقطاع، و إدخالها في المــسار الكلــي قبل حدوث الانقطاع.

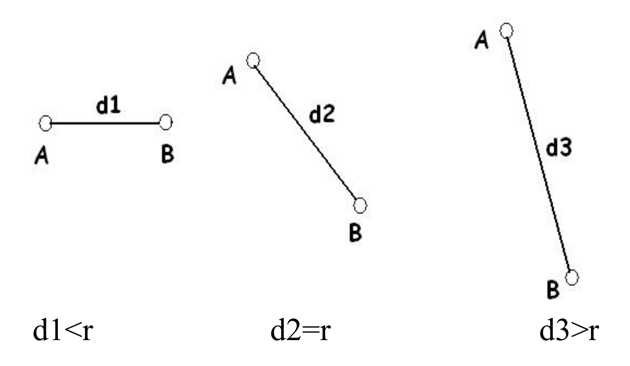
5.5.تحسين صيانة المسارات في البروتوكول(DSR):

حين تزداد أحجام الشبكات، و تتزايد المساحات التي تنتشر عليها العقد، ممــا يعنــي ازديــاد أطوال المسارات، فلابد من أن تعاني المسارات من ازدياد في عدد الانقطاعـــات، و طلبـــات الإصلاح، خصوصاً عند ازدياد حركية، و سرعة تبدل أماكن تلك العقد، مما يعني أن العقــدة المرسلة قد لا تجد الوقت الكافي لاكتشاف مسار آخر، قبل أن يعاني من انقطاع فـــي وصــلة أخرى فيه.
في دراسات سابقة طرحت فكرة الإصلاح المحلي، أي عندما يتم سؤال العقد المحيطـــة فـــي منطقة حدوث الانقطاع، فيما إذا كانت أي منها العقدة الهدف، أي العقدة المراد إيصال الرسالة إليها، أو تعرف طريقاً إلى تلك العقدة، مما يوفر الكثير من الوقت، و الطاقــة، وذلــك بعــدم إشغال كامل المسار، و العقدة المصدر باكتشاف مسار جديد، و إضاعة الوقت بإعادة الإرسال على كامل المسارات الجديدة، و إنما الاعتماد على العقدة التي يتم عندها الانقطاع، لاكتــشاف وصلة، أو مسار بديل عن الوصلة المقطوعة يمكن ضمه إلى المــسار الأصــلي، و إصــلاح الانقطاع.
على الرغم من التحسن الملحوظ في أداء البروتوكول باستخدام هــذه الخوارزميــة، إلا أننــا نلاحظ أنها تنتظر حتى حصول الانقطاع حتى تبدأ بالعمل مما يعني أنه يجــب تخــزين رزم المعلومات، و الانتظار حتى إصلاح المسار مما يعني مزيداً من التأخير، و أسوأ ما يمكــن أن يحدث هو أن لا تمتلك العقدة المعنية بالإصلاح مساراً إلى الهدف.
من جهة أخرى، و على طريق السعي لتحسين أداء هذه الخوارزمية، وجدت عــدة دراســات حاولت تلافي مثل هذه السلبية من خلال توقع الانقطاع قبل حدوثه، و اعتماد مقاربات مختلفــة لإصلاح الانقطاع المفترض قبل حدوثه[25].

6.5.الخوارزمية المقترحة:

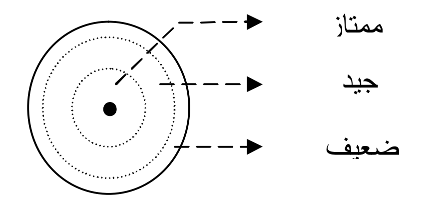
لنفترض وجود عقدتين: A و B كما في الشكل رقم (1.5) ، تتحركان بشكل عشوائي، و لكل منهما مدى بث ممثل بكرة نصف قطرها r، تكون العقدة في مركزها، مما يعني أن أية عقــدة

تقع ضمن r، يمكن أن تستقبل أية إشارة مرسلة من العقدة الواقعة في المركز، و لكــن بقــوى إشارة مختلفة.



الشكل (1.5) يوضح التوضع العشوائي و التغير في المسافة بين عقدتين متراسلتين

لذا يمكن أن نفترض أن المجالات الثلاثة تعتمد على قوة الإشارة، كما في الــشكل (2.5) ، و تعني الوصلة الضعيفة أنها سوف تنقطع بعد زمن Tb.



الشكل (2.5) يوضح المجالات الثلاثة لقوة الإشارة حول العقدة

سنعتمد في هذه الدراسة على الانعكاس الأرضــي ثنــائي الإشــعاع(Two Ray Ground Reflection) كنموذج للانتشار، و سنعتمد على القوانين الخاصة بهذا النوع من الانتشار فــي شرح الخوارزمية، لأننا نفترض هنا أن العمل يجري في أرض مستوية، وهمنا الأساسي هــو فقط حالة دخول، أو خروج عقدتين من، أو إلى مجاليهما الراديــويين [26] ، لــذا سنــستخدم تخامد الفضاء الحر مساوٍ لــ ($1/r^2$) للطرف القريب، و تخامد مساوٍ لـــ ($1/r^4$) مــن أجــل الطرف البعيد أي عند المستقبل.

تحسب قوة الإشارة عند المستقبل وفقا للمعادلة التالية:

$$P = \frac{P_t * G_t * G_r * \left(h_t^2 * h_r^2\right)}{d^4} \qquad (1)$$

P: قوة الإشارة.

P_t: قوة الإشارة عند المرسل.

G_t: ربح الإشارة في المرسل.

G_r: ربح الإشارة في المستقبل.

h_t: ارتفاع هوائي المرسل.

h_r: ارتفاع هوائي المستقبل.

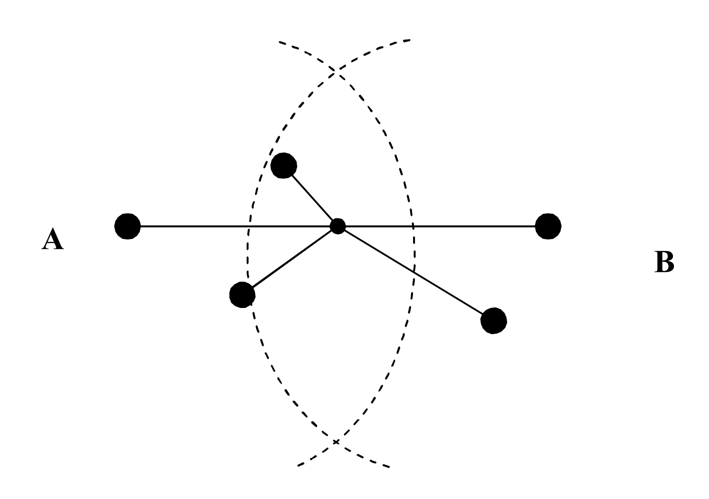
d: المسافة بين المرسل و المستقبل.

بفرض أن: P_t ثابت للعقد جميعها، و أن الأرض مستوية، و أن جميع العقد متشابهة بالمواصفات، فإن $h_t = h_r = const$ مما يؤدي إلى تبسيط المعادلة السابقة لتصبح كالتالي:

$$d^4 = k\frac{P_t}{P} \qquad (2)$$

تظهر هذه المعادلة أنه يمكن حساب المسافة بين عقدتين، حين معرفة قيمة الاستطاعة المستقبلة، وهو أمر يمكن تدبره بسهولة ضمن ظروف المحاكاة المفروضة لهذه الدراسة.

كما ذكرنا سابقا عندما يصبح الاتصال ضعيفا، و قبل أن ينقطع تقوم العقدة المستقبلة B، كما في الشكل (3.5) بإرسال رزمة خاصة، تطلب فيها من العقد الواقعة في منطقة التقاطع إبلاغها ببعد كل منها عن نقطة المنتصف.



الشكل (3.5) حالة الوصلة الضعيفة و بدء البحث عن العقدة الوسيطة في منطقة التقاطع

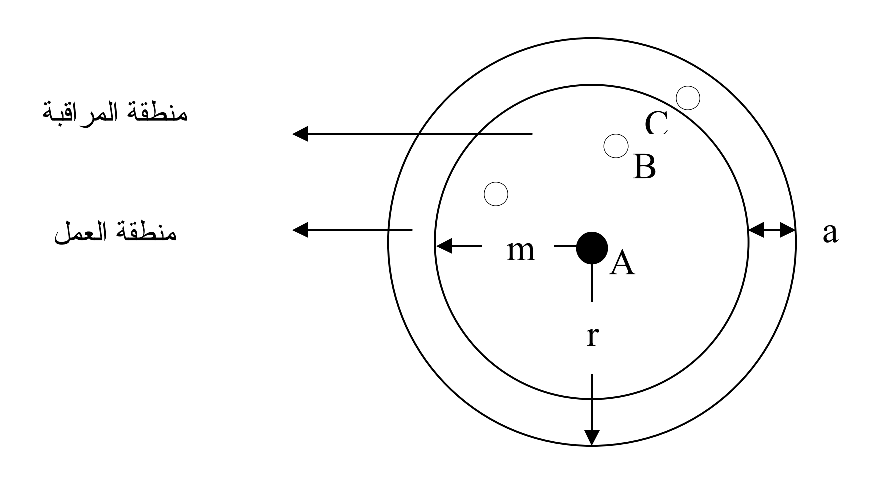
تقوم هذه العقد بالرد على العقدة B، و إعلامها بالبعد، فتعمل الأخيرة على انتقاء العقدة التي تمتلك المسافة الأقصر عن المنتصف، لاستخدامها حالما ينقطع الاتصال، و في الوقت نفسه تبلغ العقدة المصدر أنه يجب تغيير المسار في ترويسة الرزمة إلى المسار الجديد.

من أجل اختيار عقدة من العقد المتوضعة في الوسط، تقوم العقدة B باستخدام تابع قياس لاختيار العقدة الأقرب إلى المنتصف، على اعتبار أن العقدة الأقرب إلى المنتصف يكون احتمال بقائها في المنطقة المشتركة أكبر من بقية العقد.

7.5.تطبيق الخوارزمية:

لنطلق تسمية ما لهذه الرزمة الخاصة بهذه الخوارزمية، و لتكن إيجاد العقدة المتوسطة (FIN) أو اختصاراً (Find intermediate node).

تولد هذه الرزمة حينما تنخفض قوة إشارة الرزمة المستقبلة، تحت مستوى العتبة، و التي يجب اختيارها بدقة بحيث يعطى الوقت الكافي لإيجاد مسار بديل قبل حدوث الانقطاع، و بحيث لا تؤدي قيمتها إلى البدء بالبحث بشكل أبكر من اللازم.



الشكل رقم (4.5) يبين مدى الإرسال لكل عقدة، و حدود منطقة إطلاق الخوارزمية

يوضح الشكل (4.5) مدى الإرسال لكل عقدة، و حدود المناطق التي يبدأ عندها إطلاق الخوارزمية حيث:

r : نصف قطر منطقة الإرسال.

m : نصف قطر منطقة المراقبة.

a : الفرق بين القطرين و الذي يمثل المسافة التي تعمل فيها الخوارزمية

$$a = r - m$$

ملاحظة: لا نستطيع اعتبار تلك الأبعاد ثابتة، و إنما تختلف من شبكة إلى شبكة أخرى، و حتى لو تشابهت مواصفات تلك العقد في الشبكات المختلفة، فعلى سبيل المثال في الشبكات ذات الحركية العالية، يجب أن نأخذ بالحسبان أن منطقة الإشارة الضعيفة، سوف تكون أكبر منها في الشبكات ذات الحركية المنخفضة، أي: أن الخوارزمية سوف تنطلق بشكل أبكر، حتى يتوفر لها الوقت الكافي لإصلاح المسار قبل خروج العقدة المشكلة للوصلة الضعيفة، و ذات السرعة العالية من مدى الإرسال، و تحدد كل من m و a بالاعتماد على سرعة، و اتجاه

العقد، و أسوأ حالة هي: حينما تنطلق عقدتان بأقصى سرعة باتجاهين متعاكسين عن بعضهما ، ولتوضيح هذه الفكرة لنأخذ المثال التالي:

لنفرض أن السرعة القصوى لأية عقدة في شبكة ما هي: V= 20 m/s في منطقـــة مـــستوية، يكون فيها المدى الأقصى للإرســـــال: 400 m و لنفـــرض أن a = 25m، و لنفـــرض أن الزمن اللازم لإيجاد عقدة جديدة وإعلام المصدر هو T عندها يكون:

$$a = T \cdot (V1-V2)$$
$$a = T. [20-(-20)]$$
$$25 = T. (20+20)$$
$$T = 0.625 \text{ s}$$

أي: بعد هذا الزمن فان الوصلة سوف تنقطع، و في الحقيقة هذا الزمن أكثر من كافٍ لإيجـــاد عقدة جديدة، ولكنه اختير للتأكد من أن المصدر يمتلك الوقت الكافي لتغيير المسار قبل انقطاع الاتصال مهما كان عدد القفزات.

8.5.الخوارزمية النهائية:

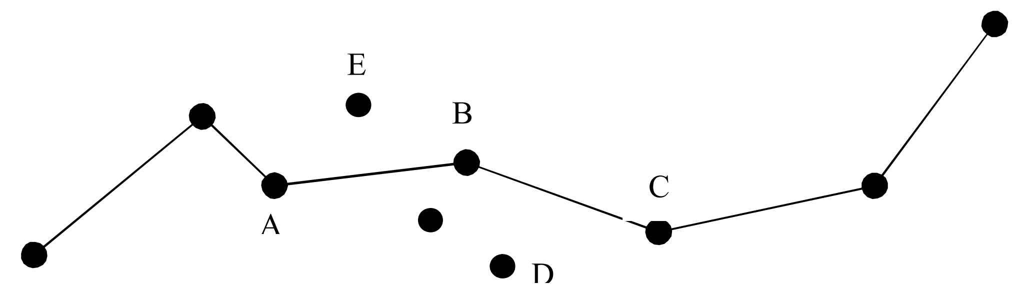
تقوم الخوارزمية النهائية بتطبيق الإجراءات التالية بالترتيب:

1. فحص قوة الإشارة.
2. البحث في الذاكرة عن مسار آخر.
3. البحث عن عقدة وسيطة بين العقدتين السابقة، و التالية للعقدة التي اكتشفت ضعفا في قـــوة الإشارة.
4. البحث عن عقدة وسيطة بين العقدة نفسها، و العقدة التي تسبقها.
5. العودة إلى الحالة الطبيعية للخوارزمية قبل التعديل.

و لنشرح الآن ماذا يعني كل إجراء من الإجراءات السابقة:

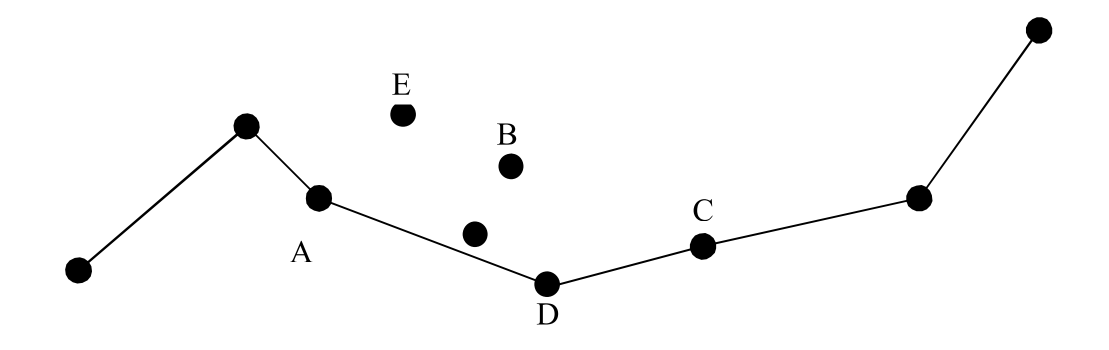
1. فحص قوة الإشارة : تقوم العقد باستمرار بقراءة قوة الإشارات المستقبلة، و تقوم بتحديـــد بعدها، اعتمادا على قوة تلك الإشارات، و تهتم خصوصا عندما تنخفض قوة الإشارة عـــن حد العتبة، إذ إن قوة الإشارة تعكس بعدها عن الجهة المستقبلة.
2. البحث في الذواكر عن مسار بديل : عندما تكتشف عقدة وسيطة ما أن وصـــلتها ســـوف تنقطع بعد فترة قصيرة من الزمن تلجأ حينها إلى طريقة مجانيـــة تختـــصر الكثيـــر مـــن المعالجة، و وقت البحث، و رزم التحكم، و ذلك عن طريق البحث فـــي ذواكرهـــا عـــن مسارات مخزنة مسبقا، و تصلح لتحل محل الوصلة المقطوعة.

3. البحث عن عقدة وسيطة بين العقدتين السابقة، و التالية : تهدف هذه الطريقة إلى إنقـــاص عدد القفزات الناتجة عند محاولة العقدة المصدر، إخبار العقدة الهدف في الطرف الآخــر للمسار عن وصلة ضعيفة ضمن المسار الكلي في الطرق التقليديـــة الأخـــرى لإصــــلاح المسار حيث تلجا هنا العقدة المعنية بالوصلة الضعيفة إلى الحصول على مسار آخر إلـــى العقدة التي تلي الوصلة الضعيفة، عن طريق إرسال رسالة طلب مسار تسأل فيها عن تلك العقدة بالذات.



الشكل (5.5) يبين اكتشاف وصلة ضعيفة في المسار

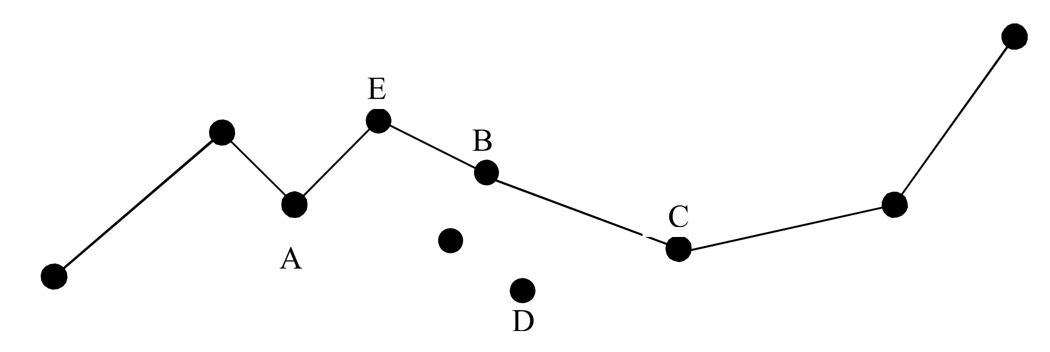
يوضح الشكل رقم (5.5) هذه الآلية حيث تكتشف العقدة B، أن الوصـــلة B A، ضـــعيفة، و عندها ترسل B إلى A لتعلمها بأن الوصلة ضعيفة، و بما أن A تعلم مسبقاً بأن القفزة التالية بعد B هي C، تقوم بإرسال طلب مسار، و تبثه بشكل عام مع زمن حياة مساو لـــ 2 TTL = (time to live) أي أن هذا الطلب فعال لقفزتين فقط تسأل فيه عن أي عقدة تعرف طريقاً إلى العقدة C ، فترد عليها في مثالنا هذا العقدة D، أو ترد C نفسها عبـــر D ، بالمحـــصلة تخبر العقدة A المصدر لتغيير المـــسار من: ABC إلى ADC ليصبح المـــسار كمـــا فـــي الـــشكل رقم (6.5) .



الشكل (6.5) إصلاح المسار باستخدام عقدة وسيطة بين العقدتين السابقة و التالية

4. البحث عن عقدة وسيطة ما بين العقدة الحالية، و العقدة التي تسبقها : إذا فشلت الآلية السابقة، و تعذر وجود عقدة قادرة على إصلاح الوصلة، و الحلول مكان العقدة التي رصدت الإشارة الضعيفة، حينها تلجأ هذه العقدة إلى إطلاق الخوارزمية الجديدة، التي تقوم بالبحث عن عقدة وسيطة، تستطيع أن تكون كجسر ما بين العقدة الحالية، و العقدة السابقة، أي يتم البحث عن عقدة بين A و B ، بحسب المثال السابق.

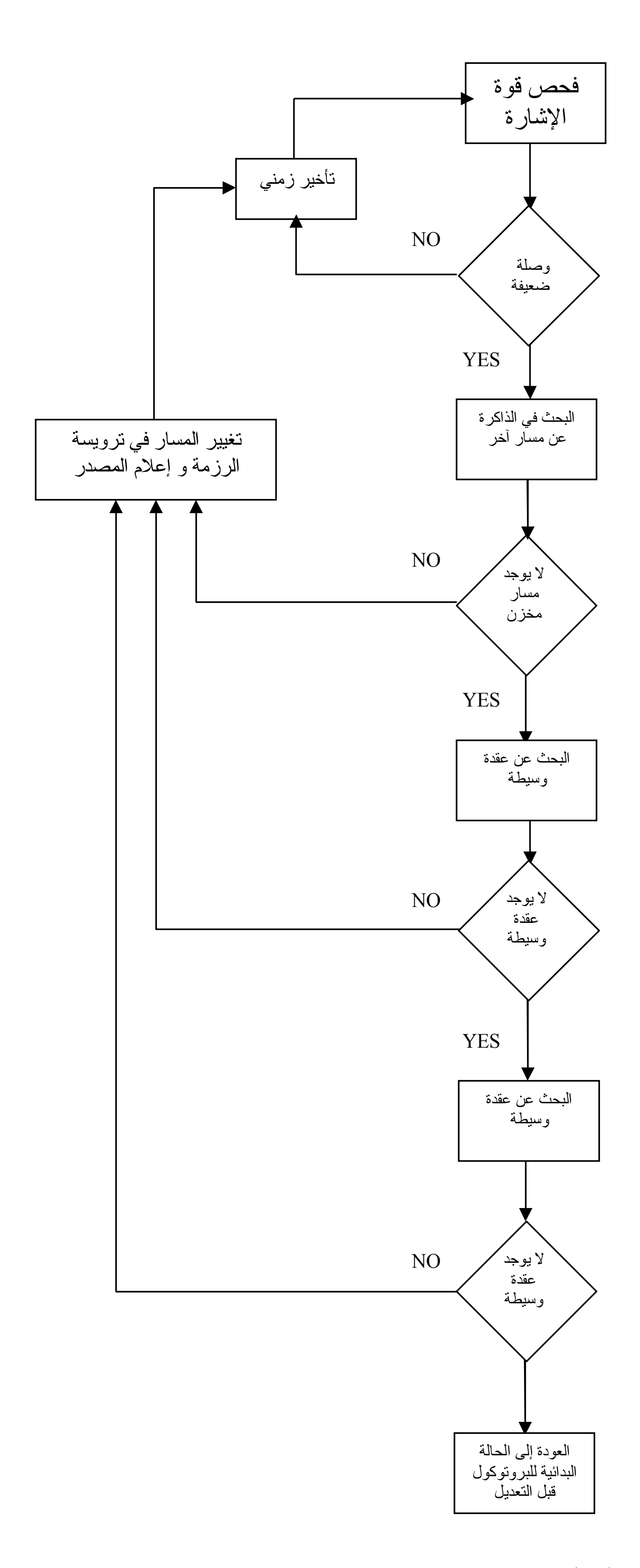
تقوم B بإرسال رسالة خاصة كنا قد عرفناها سابقاً بـ(FIN) ، تطلب فيها من العقد الموجودة في المنطقة المحيطة، بإخبارها عن مسافة كل عقدة عن نقطة المنتصف ما بين A وB ، ثم تقوم B بعد استقبال ردود هذه العقد باختيار العقدة الأقرب من المنتصف، لاستخدامها لإصلاح المسار قبل الانقطاع، و في الوقت نفسه تخبر العقدة المصدر لتحديث المسار بحسب التغييرات الجديدة، كما في الشكل (7.5) ، وتغيير معلومات المسار في ترويسة رزم المعلومات الجديدة.



الشكل (7.5) إصلاح المسار باستخدام الخوارزمية المقترحة

نلاحظ أن هذه الخوارزمية أخذت أولوية أقل من الآلية السابقة، أي: أن عملها يبدأ بعد فشل الخوارزمية رقم 3 السابقة، و السبب واضح لكونها تزيد عدد القفزات بمقدار قفزة عن الحالة السابقة.

5. العودة إلى الحالة الطبيعية للخوارزمية ما قبل التعديل : حين يتم تنفيذ الإجراءات 2، و 3، و 4، ولا يتم كشف مسار جديد، عندها يعود الوضع إلى الحالة الطبيعية للبروتوكول، حيث تقوم العقدة المعنية بالانقطاع، بإرسال رسالة خطأ مسار (ROUTE ERROR) تعلم فيها المصدر حال حدوث الانقطاع، فتقوم عندها جميع العقد التي تستلم رسالة الخطأ، بإزالة هذا المسار من ذواكرها، وصولا إلى العقدة المنبع التي تبدأ عندها عملية بحث جديدة عن مسار آخر إلى الهدف .



الشكل (8.5) مخطط الجريان لمراحل عمل الخوارزمية

الفصل السادس

القسم العملي

1.6.نظام المحاكاة GLOMOSUM:

يعتبر برنامج المحاكاة أداة مفيدة جدا في دراسة أداء بروتوكولات الشبكة، كونها تسمح بتفحص تصميم البروتوكول قبل التطبيق الفعلي على أرض الواقع.

الغاية من هذا الفصل هو دراسة أداء صيانة المسار في البروتوكول DSR بعد التعديلات، التي قمنا بإجرائها في الفصل السابق، و من أجل هذه الغاية فقد تم بناء بيئة المحاكاة باستخدام (GLOMOSIM 2.03 Network Simulation) [27] [28] [29] [30].

قبل البدء من الضروري تحديد البارامترات التي سوف يقوم النظام بالعمل اعتمادا عليها، إضافة إلى نوع النتائج التي سيعتمد عليها في تقييم أداء البروتوكول.

في هذا البحث تم استخدام برنامج (Glomosim 2.3) ، و الذي يعتبر من البرامج المعتمدة على المكتبات (library-based) ، و مبدأ التوازي بالعمل، أي تم تصميمه كمجموعة من نظم المكتبات التي يقوم كل منها بمحاكاة بروتوكول اتصالات محدد ضمن البنية الأساسية للبروتوكول لتعمل كل منها على التوازي معا، وبحسب الحاجة لمشاركة أي منها.

تم تطوير المكتبة باستخدام (Parallel Simulation Environment for Complex PARSEC Systems)، أو بيئة المحاكاة المتوازية للأنظمة المعقدة [31]، [30]،[28] و هي بنية متوازية تعتمد على لغة البرمجة C، و التي يمكن استخدامها لبرمجة، و إضافة بروتوكولات، و أنظمة جديدة إلى المكتبة.

1.1.6.ملف الإعداد الرئيسي Basic configuration file:

يبين الجدول التالي بارامترات الإعدادات الأساسية المحددة للملف Config:

الجدول (1.6) البارامترات الأساسية للملف config

البارامتر	الوصف
Simulation- time	الزمن الأقصى للمحاكاة 100NS= 100 nano second 100S= 100 second
Terrain -dimension	أبعاد المنطقة التي يتم تطبيق المحاكاة فيها
Number- of -nodes	عدد العقد المشاركة في المحاكاة
seed	رقم عشوائي لتحديد الجزء المعني من عملية محاكاة متعددة الأجزاء

كما يحدد الجدول (2.6) البارامترات الحركية للملف config:

الجدول (2.6) البارامترات الحركية للملف config

البارامتر	الوصف
NODES-PLACEMENT	يحدد إستراتيجية توضع العقد ضمن منطقة المحاكاة
MOBILITY	يحدد شكل الحركة للعقد

يمكن لبارامتر توضع العقد أن يأخذ القيم التالية:

- (RANDOM) أي: عشوائي.
- (UNIFORM): تقسم منطقة المحاكاة إلى خلايا تتوضع داخل كل منها واحدة من العقد بشكل عشوائي.
- (GRID) تتوضع هنا العقد بشكل شبكي منتظم، و هنا يجب أن يكون عدد العقد مساوٍ لمربع عدد صحيح.
- (FILE) توضع العقد يقرا من ملف مرفق يسمى(NODE-PLACEMENT-FILE).

أما في هذه الدراسة فسنستخدم القيمة الأكثر واقعية وهي (RANDOM).

بالنسبة للحركية (MOBILITY) يمكن تحديدها بالقيمة (NONE) ، و هذا يعني أن العقد ثابتة، أو يمكن إضافة الحركة، و هنا يوفر لنا برنامج المحاكاة نوعين للحركة الأول هو(random drunken model)،و الثاني(random waypoint mobility model)وهو الذي سنستخدمه في هذه المحاكاة، و يمكن شرحه كالتالي:

تقوم العقدة باختيار اتجاه عشوائي عن طريق انتقاء إحداثيات عشوائية (X,Y) ، ضمن حدود منطقة المحاكاة، ثم تقوم العقدة بالتوجه إلى تلك النقطة بسرعة يتم اختيارها بشكل عشوائي بين حدين أعلى، و أدنى للسرعة، ما إن تصل العقدة إلى تلك الوجهة تبقى هناك لفترة توقف محددة، ثم تعاود التحرك إلى وجهة أخرى، وهكذا دواليك حتى انتهاء زمن المحاكاة، يتم استخدام الزمن الأعلى، و الأدنى للسرعة لدراسة اثر الحركية العالية، و المنخفضة على الشبكة.

يمكن تقديم مثال على كيفية ضبط الحركية في البرنامج كما يلي:

```
MOBILITY                  RANDOM-WAYPOINT
MOBILITY-WP-PAUSE         0
MOBILITY-WP-MIN-SPEED     0
```

MOBILITY-WP-MAX-SPEED 20

يمكن تغيير زمن التوقف في مجالات مختلفة، من اجل الحصول على قيم مختلفة للحركية. بالإضافة إلى ذلك يوجد مجموعة أخرى من البارامترات تتعلق بخواص كل من المرسل، و المستقبل، و حساسية هوائيات الإرسال، و الاستقبال، و نوعية نقل الرزم إضافة إلى الخسارات، و الظروف المحيطة، و التي لن تكون بذات تأثير على نتائج المقارنة، كوننا سنخضع البروتوكول قبل، و بعد التعديل لنفس الظروف، و المواصفات، إلا أن هذه القيم ضرورية، و أساسية لعمل البرنامج، و هي موضحة مع أمثلة عنها في الجدول التالي:

الجدول (3.6) أمثلة عن القيم الممكنة للبارامترات في الملف config

الوصف	القيمة	Parameter
الإشارات تحت هذه القيمة بالديسبل لن يتم إيصالها، و يجب أن تكون قيمتها أقل من مجموع حساسية المستقبل مع ربح الهوائي لأي عقدة، و إلا فان نتيجة المحاكاة لن تكون صحيحة، علما أن القيم الأقل ستجعل المحاكاة أكثر دقة، ولكن زمن العمل للمحاكي أطول	-111.0	PROPAGATION-LIMIT
يحدد كيفية حساب ضياعات المسار	TWO-RAY Free-space	PROPAGATION-PATHLOSS
حساب الضجيج	10.0	NOISE-FIGURE
درجة الحرارة بالكلفن	290.0	TEMPERATURE
طريقة الإرسال، و الاستقبال اللاسلكي للرزم	RADIO-ACCNOISE	RADIO-TYPE
التردد بالهرتز	2.4e9	RADIO-FREQUENCY
عرض الحزمة مقدرا ب.bits per second	2000000	RADIO-BANDWIDTH
طريقة استقبال الرزم	SNR-BOUNDED	RADIO-RX-TYPE
طاقة الإرسال اللاسلكي بالديسبل	15	RADIO-TX-POWER
ربح الهوائي بالدسيبل	0.0	RADIO-ANTENNA-GAIN
حساسية المستقبل بالديسبل	-91.0	RADIO-RX-SENSITIVITY
اقل قوة إشارة رزمة يمكن استقبالها	-81.0	RADIO-RX-THRESHOLD
Medium Access Protocol	802.11	MAC-PROTOCOL
يجب وضع القيمة YES في حال الاستقبال العشوائي، و تحديدا في DSR	YES	PROMISCUOUS-MODE
بروتوكول الشبكة المستخدم	IP	NETWORK-PROTOCOL
البروتوكول موضوع الدراسة هنا DSR	DSR	ROUTING-PROTOCOL
يحدد طريقة النقل TRAFFIC في الشبكة، و له ثلاث طرق FTP, TELNET CBR (Constant Bit Rate)	CBR	APP-CONFIG-FILE

2.6.النتائج العملية و المناقشة:

1.2.6.دراسة أثر تغير الحركية على أداء البروتوكول:

باعتبار أن البروتوكول الذي نعمل عليه: هو بروتوكول مخصص للشبكات اللاسلكية المتحركة، لذا فإن من الضروري دراسة تأثير الحركية في أداء البروتوكول بعد التعديل، و مقارنتها مع تلك التي أخذت قبل التعديل، حيث اعتبرنا هنا أن كل عقدة تتحرك بطريقة عشوائية(random waypoint) ، حيث تختار العقدة المتحركة نقطة ضمن منطقة التجربة، و تسير باتجاهها بسرعة تختارها عشوائيا، قيمتها تتراوح بين الصفر و 20 مترا بالثانية، ثم تتوقف لفترة زمنية ما في تلك النقطة، و بعدها تعاود تكرار العملية السابقة.

بالنسبة للشروط المطبقة في هذه التجربة لدينا عدد من المتغيرات يكفي أن تتغير إحداها حتى تؤدي إلى تغيير الحركية، و هنا على اعتبار أن السرعة الدنيا للعقدة هي 0، و السرعة القصوى هي 20 متر بالثانية، أي كلا السرعتين: الدنيا، و العليا، ثابتتان بعكس زمن التوقف للعقدة، الذي يتغير في هذه التجربة من 10 ثواني إلى 3000 ثانية، و سندرس تأثير هذا التغير في أداء البروتوكول.

الجدول(4.6) القيم المستخدمة في المحاكاة

عدد العقد	من 10 إلى 10000
مدى الإرسال للعقدة	m250
سعة القناة	2MB/S
مساحة المحاكاة	3000 m× 3000 m
سرعة حركة العقد	0 -20 m/s
زمن المحاكاة	3600 s
وقت التوقف	3000-2000-1500-1000-500-100-30-10
معدل إرسال الرزم للعقدة	1 Packet every 0.1 s
حجم المعلومات لكل رزمة	512 Bytes
نموذج الحركة	Random waypoint

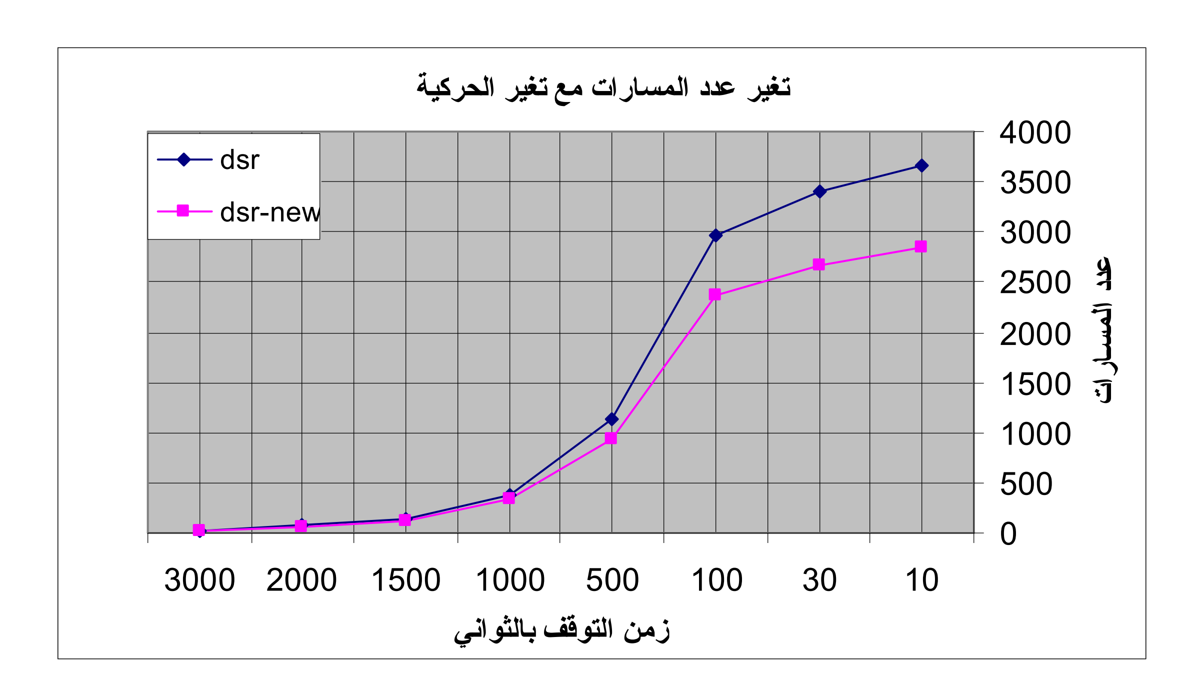
هدفنا من خلال هذه الدراسة هو زيادة زمن حياة المسارات المنشأة، و على الرغم من أنـــه لا يمكن قياس زمن الحياة من خلال هذه المحاكاة، إلا أنه يمكن استنباط ذلك كون التغير في عدد المسارات المولدة يعكس ازدياد، أو نقصان زمن الحياة لهذه المسارات كما في الشكل (1.6) ، الذي يبين بوضوح تزايد عدد المسارات المولدة، مع ازدياد الحركية، أي عنـــدما يقـــل زمـــن التوقف عن 100 ثانية، بسبب الانقطاعات المتزايدة مع تزايد الحركية، مما يؤدي إلى تزايـــد عدد المسارات المولدة، أي: انخفاض زمن الحياة.

عند مقارنة كلا البروتوكولين قبل، و بعد التعديل، نلاحظ: وجود فـــرق واضـــح فـــي الأداء لصالح البروتوكول الذي يستخدم خوارزمية عدم الانقطاع، و يزداد هذا التحسن مـــع ازديـــاد الحركية، أي أننا نجحنا من خلال هذه الخوارزمية في زيادة زمن الحياة للمسارات المولـــدة، و زدنا من مرونة هذا البروتوكول في التعامل مع الحركية العالية.

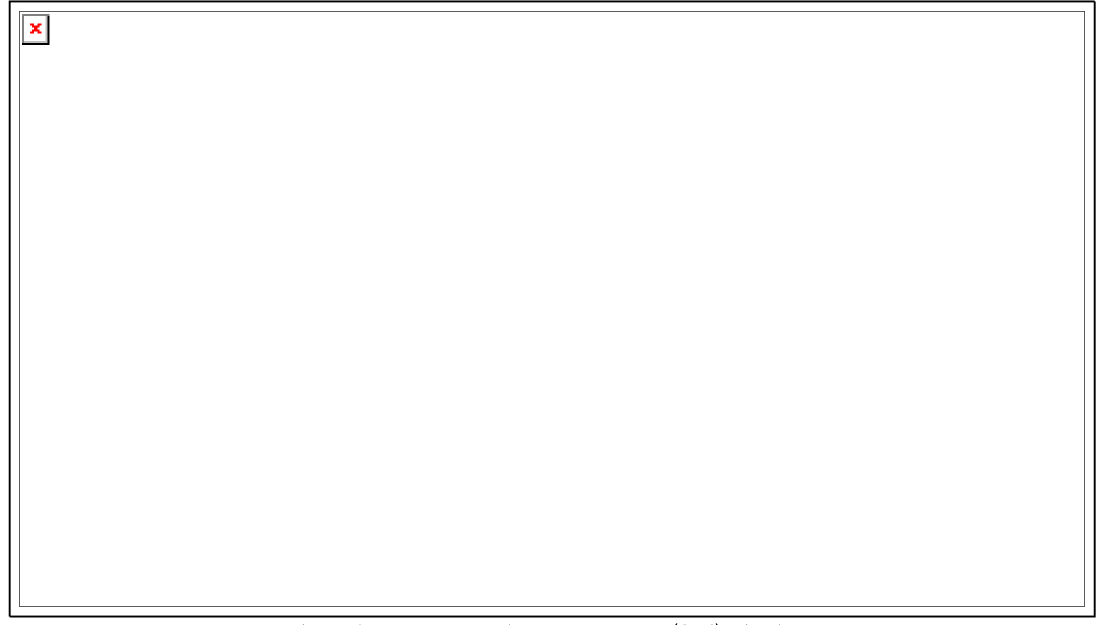
إضافة إلى ذلك نستطيع ملاحظة فائدة أخرى لهذه الخوارزمية، و لربما هي الأهـــم، و تتمثـــل بتوفير لا بأس به في استهلاك عرض الحزمة، مستندين في ذلك إلى نتيجة مقارنة عدد حـــزم التحكم، والذي انخفض بعد التعديل كما هو موضح بالشكل رقم (2.6) ، نتيجة لانخفاض عـــدد المسارات المولدة، مما يعني انقطاعات أقل، و من ثم رسائل خطأ أقل، و رسائل طلبات بحث عن مسارات جديدة، أقل مما يؤدي بالنتيجة إلى توفير في استهلاك عرض الحزمـــة، و كمـــا يوضح الشكل نلاحظ أن البروتوكول المعدل أفضل من البروتوكول القديم، و تزداد أفـــضليته مع تزايد الحركية، و هي نقطة ايجابية أخرى تضاف إلى هذه الخوارزمية.

الهدف الأساسي لهذه الخوارزمية هو: إصلاح المسارات، و حمايتها من الانقطاع لأطول فترة ممكنة، وهذا ما يوضحه الشكل (3.6) ، الذي يظهر تزايدا في عدد القفزات بعـــد التعـــديل، و الذي قد يبدو للوهلة الأولى أمرا سلبيا، و في غير مصلحة الخوارزمية، إلا أنه في الحقيقة أمر ايجابي لأنه يعني أن الخوارزمية قد عملت فعليا، و أدت الغرض المطلوب منها فـــي إضـــافة عقدة وسيطة لإنقاذ المسار، و كونها قد زادت عدد القفزات، إلا أنها وفرت عددا أكبر، و غير محدود من القفزات الضائعة، عند إرسال رسائل الخطأ، و رسائل طلب المسار، إضـــافة إلـــى توفير الزمن الضائع في إعادة البحث، و الاكتشاف.

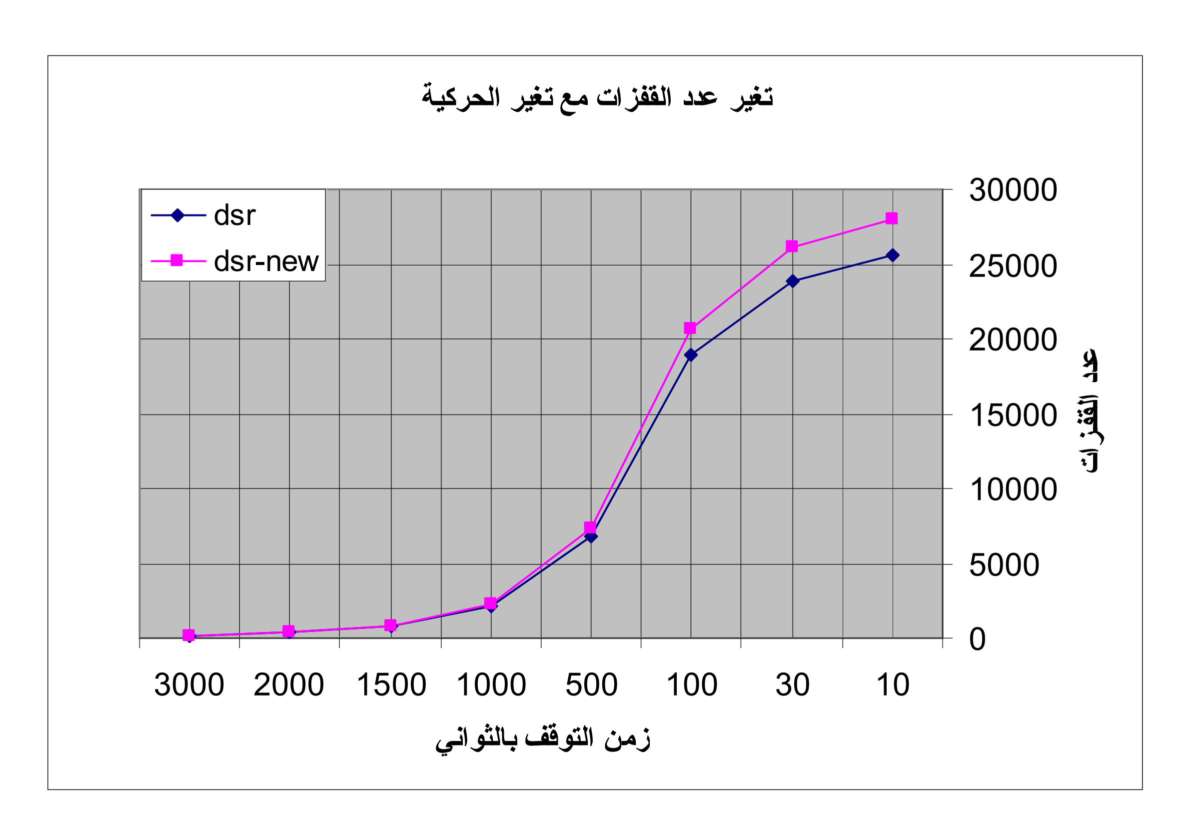
بالمحصلة نلاحظ أن الخوارزمية قد وفرت في استهلاك عرض الحزمة، و وفرت في الـــزمن الضائع نتيجة الانقطاع و إعادة البحث مما يعني زيادة في كمية المعلومـــات المـــستقبلة عنـــد العقدة الهدف، و هذا ما يوضحه كل من الشكلين (4.6) و (5.6).



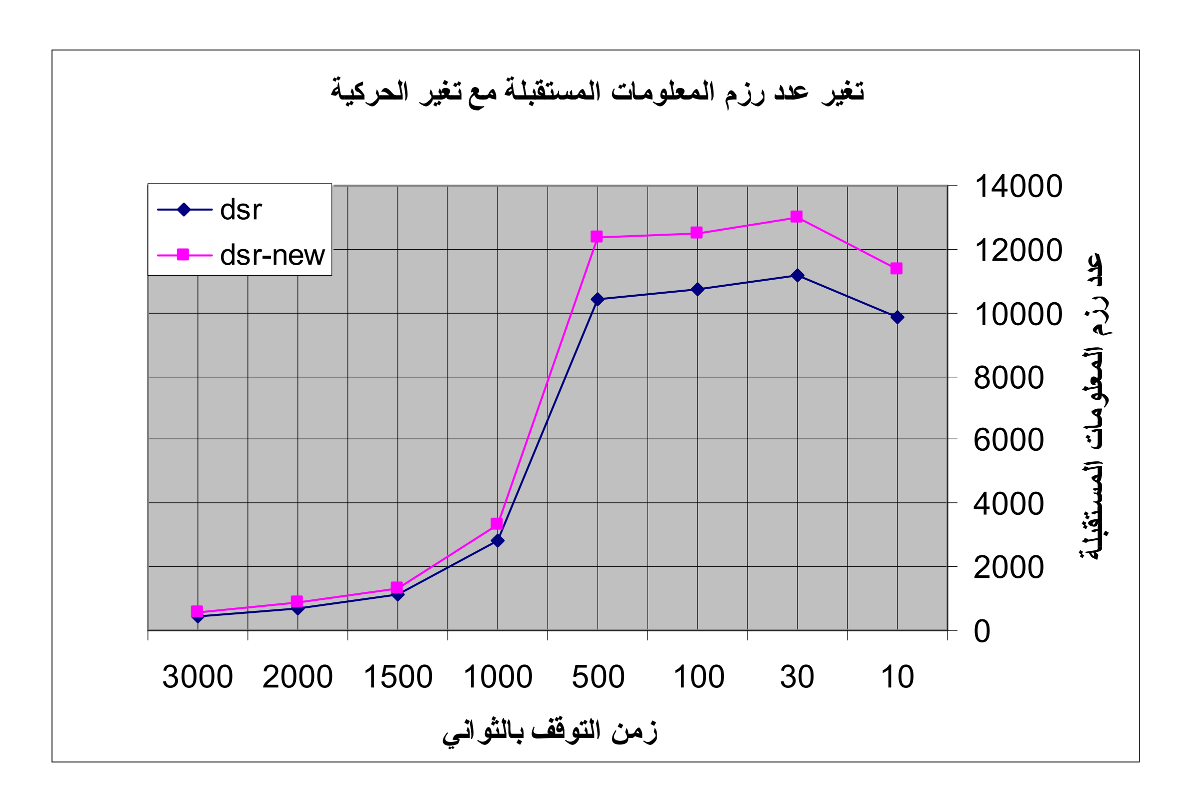
الشكل (1.6) تغير عدد المسارات مع تغير الحركية



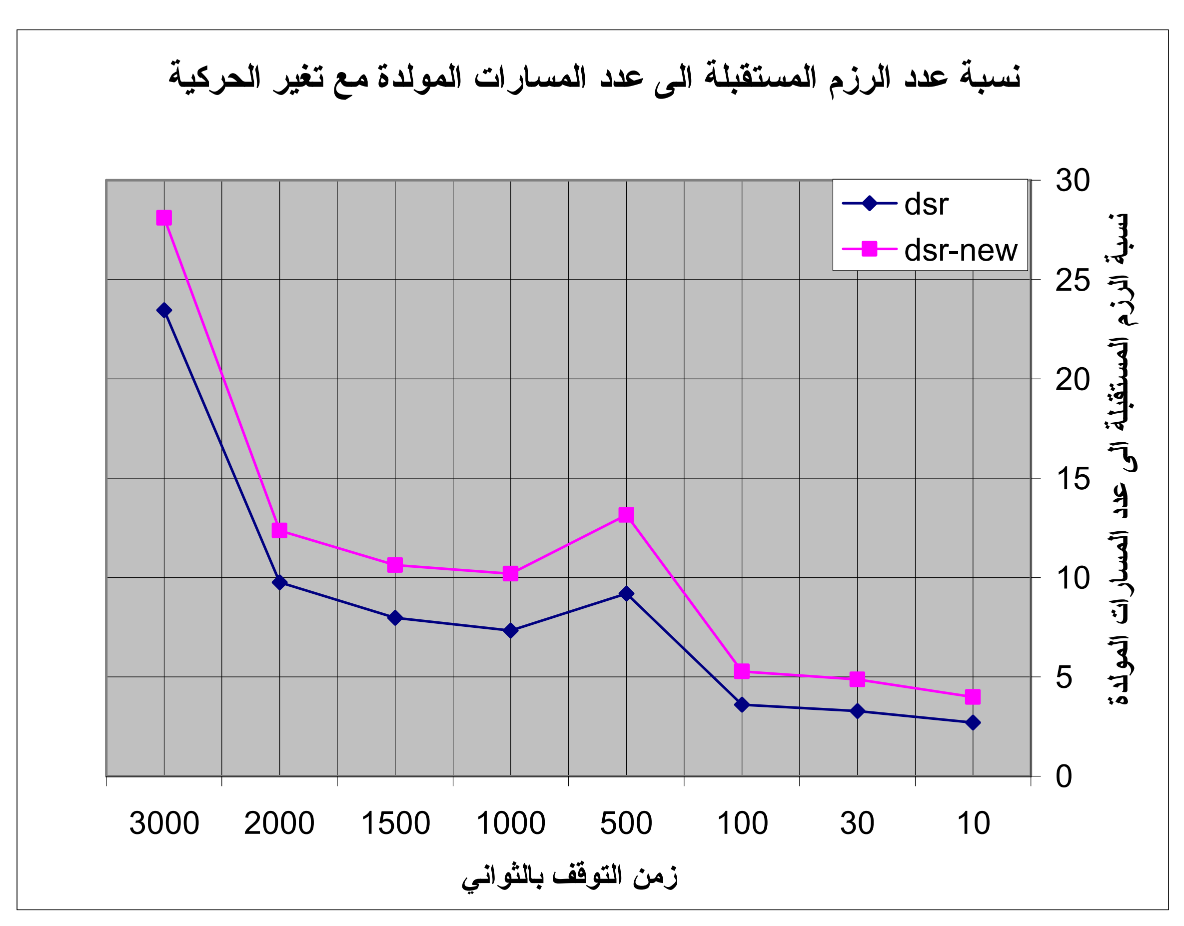
الشكل (2.6) تغير عدد رزم التحكم مع تغير الحركية



الشكل (3.6) تغير عدد القفزات مع تغير الحركية



الشكل (4.6) تغير عدد رزم المعلومات المستقبلة مع تغير الحركية



الشكل (5.6) نسبة عدد الرزم المستقبلة إلى عدد المسارات المولدة مع تغير الحركية

2.2.6.دراسة أثر تغير كثافة العقد على أداء البروتوكول:

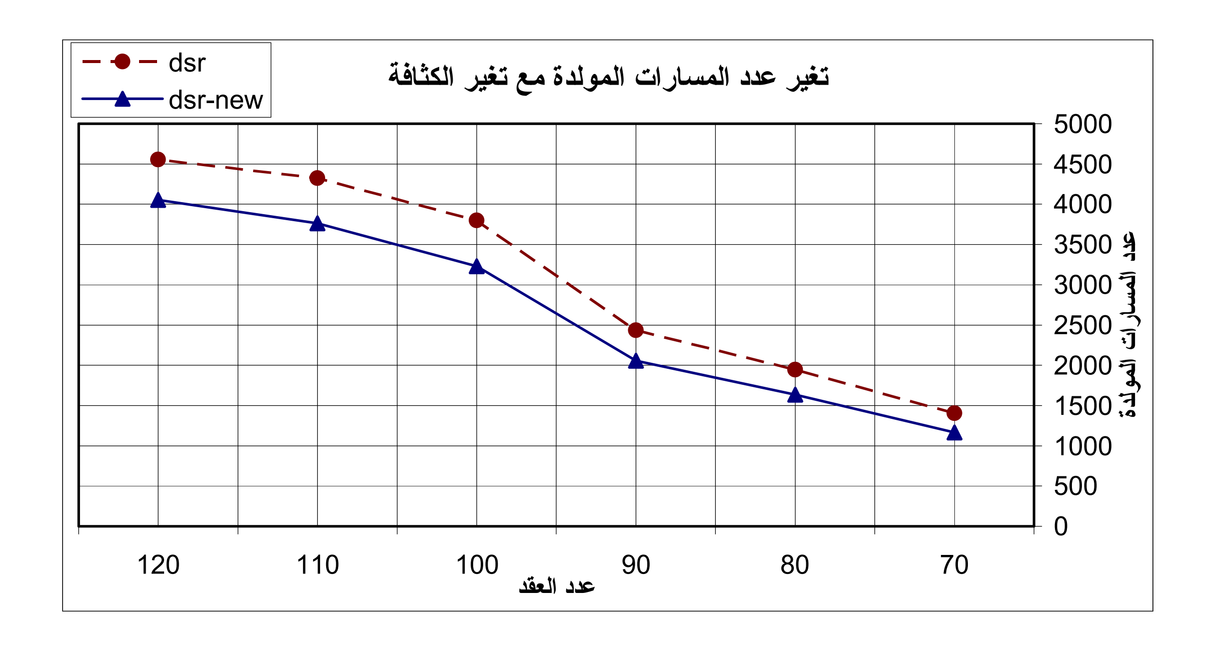
ناحية أخرى يجب دراسة تأثيرها في البروتوكول، وهي أداؤه في ظروف تغير الكثافة، أي: قدرة البروتوكول على تقديم الخدمة مع زيادة عدد العقد المشكلة للنظام، فكما نعلم إن إحدى نقاط الضعف لمثل هذه الأنظمة: هي محدودية عدد العقد التي تستطيع هذه الأنظمة تخديمها، و السبب الأساسي واضح، وهو محدودية عرض الحزمة التي تستطيع هذه العقد تشاركه، في ظروف هذه الدراسة تبلغ 2MB/s ، لذا مع ازدياد عدد العقد الذي سيؤدي إلى ازدياد عدد العقد المتخاطبة، و ازدياد حجم المعلومات المطلوب نقلها ناهيك عن رسائل الخطأ، و رسائل التحكم المتعلقة بطلبات الكشف، و الإصلاح للمسارات المستخدمة كل هذه الأمور مجتمعة ستنعكس سلبا على قدرة البروتوكول، و هو أمر سنراه بشكل واضح من خلال الرسوم البيانية التي تظهر انخفاض الأداء مع زيادة الكثافة ، ومع ذلك سندرس تأثير الخوارزمية على أداء البروتوكول لتقدير التحسن الذي طرأ على هذه الناحية، و الذي يعني في حال حصوله أن البروتوكول قد أصبح قادرا على استيعاب عدد اكبر من العقد، و هو التحسين الأهم الذي نطمح إليه في هذه الدراسة.

شروط الدراسة ستكون بحسب الجدول التالي:

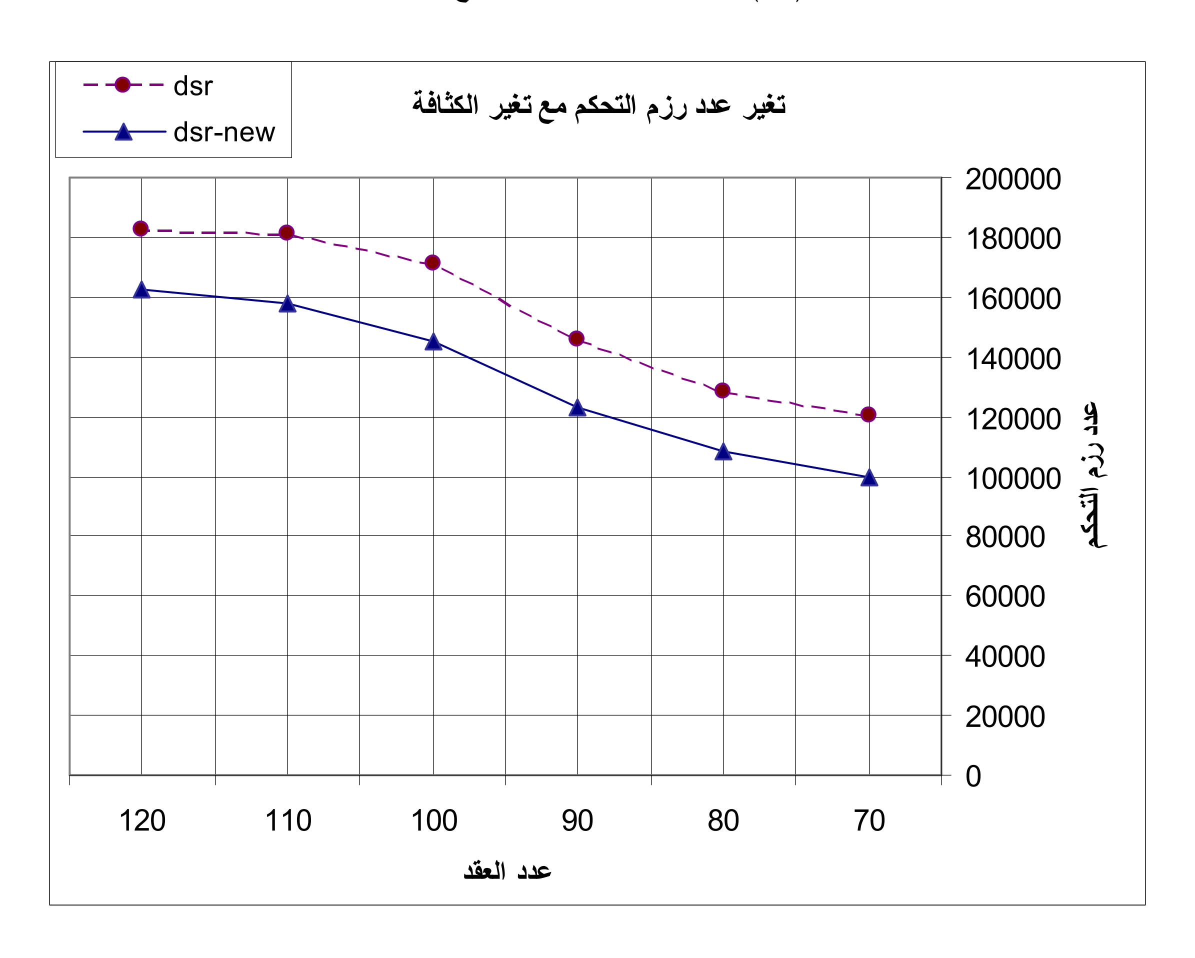
الجدول (5.6) يبين البارامترات المستخدمة في بيئة المحاكاة للحالة الثانية

زمن المحاكاة	3600 s
مساحة المحاكاة	3000 m× 3000 m
نموذج الحركة	RANDOM WAYPOINT
زمن التوقف	30 s
سرعة العقد	من 0 إلى 20m/s
توضع العقد	عشوائي
عدد العقد	120−110−100−90−80−70

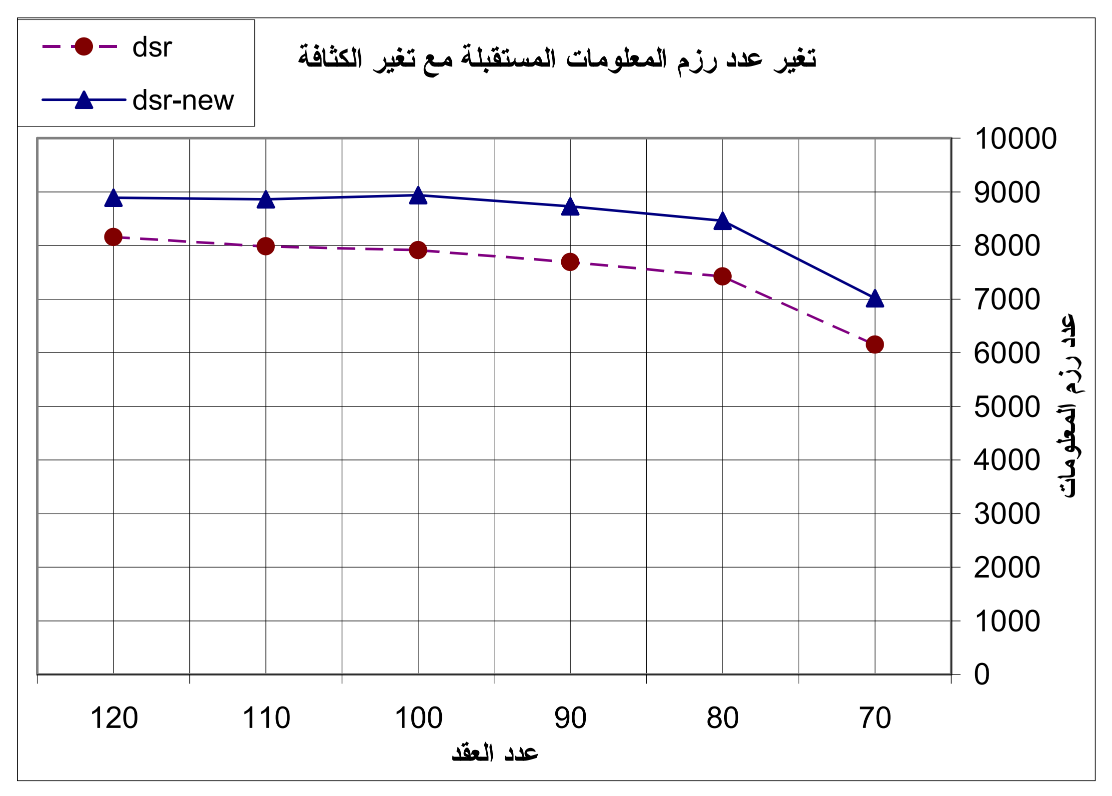
بالنظر إلى الشكل رقم (6.6) نلاحظ التحسن في أداء البروتوكول، بعد تطبيق الخوارزمية، المتمثل في انخفاض عدد المسارات المولدة، مما يعني زيادة زمن الحياة للمسارات المولدة مما يعني انخفاض في عدد رزم التحكم، التي تنشأ بعد الانقطاعات مثل رسائل خطأ المسارات التي تسلك كامل المسار، وصولا إلى الهدف، و الذي يضطر بدوره إلى إرسال رسائل طلب مسارات جديدة الأمر الذي يعني زيادة في استهلاك حجم القناة بسبب رسائل التحكم المتزايدة التي تتجول ضمن الشبكة ، وهو أمر عالجته الخوارزمية الجديدة كون رزم التحكم أصبحت تتجول فقط في أماكن الانقطاعات، وليس على طول المسار، و قلصت بالتالي من الضغط المطبق على العقدة المنبع في عملية إعادة الكشف، وهذا التحسن موضح ضمن الشكل (7.6) ، وهو أمر يقودنا إلى استنتاج آخر شديد الأهمية بالنسبة لهذه الدراسة، و المتمثل بالزيادة المتوقعة في عدد رزم المعلومات انطلاقا من النتائج السابقة التي لاحظنا فيها ازدياد في زمن الحياة للمسارات، و إنقاص في رزم التحكم، مما يعني توفيراً في عرض الحزمة الكلي، الذي يجب أن يؤدي بشكل منطقي، إلى ازدياد في قدرة البروتوكول على إيصال عدد اكبر من رزم المعلومات، و هو ما نلاحظه بالفعل في الشكل (8.6) .



الشكل (6.6) تغير عدد المسارات المولدة مع تغير الكثافة



الشكل (7.6) تغير عدد رزم التحكم مع تغير الكثافة



الشكل (8.6) تغير عدد رزم المعلومات المستقبلة مع تغير الكثافة

الفصل السابع

الخاتمة

1.7.الاستنتاجات و التوصيات:

لقد قمنا عبر الفصول السابقة بإجراء دراسة عن البروتوكولات المستخدمة في شبكات MANET عموما و تعمقنا في أهم الخوارزميات المعتمدة فيها و قمنا بدراسة نقاط القوة و الضعف لكل منها.

لقد اعتمدنا في هذا البحث على فكرة استباق الانقطاع للوصلات المنشئة لاقتراح التعديل على الخوارزمية المستخدمة في البروتوكول DSR حيث يتم إيجاد عقدة وسيطة تكون أقرب ما يمكن إلى نقطة المنتصف بين طرفي الوصلة الضعيفة تعمل كجسر وصل بينهما و تتلافى الانقطاع في المسار.

استنادا إلى النتائج السابقة نلاحظ وجود تحسن أساسي على أداء البروتوكول متمثلا بزيادة عمر المسارات الفعالة، و الذي تم الحصول عليه من خلال إدخال تعديل على الخوارزمية الأساسية للبروتوكول مما يعني ازدياد قدرة النظام على تخديم عدد اكبر من العقد، و هو من الأهداف الرئيسية التي كنا نطمح لها من خلال هذه الدراسة،إذ نلاحظ انخفاض التحميل الزائد للنظام بنسبة 22% في حالة الحركية العالية، و 15% في حالة الكثافة العالية، إضافة إلى ارتفاع عدد رزم المعلومات المستقبلة في حالة الحركية العالية: بنسبة17%، و أكثر من 13% في حالة الكثافة العالية.

2.7.الدراسات المستقبلية المقترحة:

1. نقترح في الدراسات المستقبلية أن يتم تحديد العقدة الوسيطة بشكل أكثر دقة، إذ أننا اعتبرناها العقدة الأقرب إلى المنتصف في زمن قياس الإشارة، إلا أننا لم نأخذ في الاعتبار سرعة و اتجاه حركية هذه العقدة، و بالتالي إمكانية ابتعادها عن المنطقة الفعالة، وحصول انقطاع جديد للوصلة ، أي أن حل هذه المشكلة قد يعني ازدياد في زمن الحياة للمسارات الفعالة.

2. دراسة تأثير تغير حجم رزم المعلومات على أداء البروتوكول.

قائمة المختصرات

ABR	التوجيه على أساس مترابط	Associatively Based Routing
ANDP	عملية تحديد العقدة الفعالة	Active Node Determination Process
ARMP	بروتوكول صيانة المسار الفعال	Active Routing Maintenance Protocol
DSR	بروتوكول المسار الديناميكي	Dynamic Source Routing
EARMP		Enhanced Active Routing Maintenance Protocol
FIN	ايجاد رزمة العقدة الوسيطة	Find Intermediate Node packet
GPS	نظام الموقع العالمي	Global Position System
IP	بروتوكول الانترنت	Internet Protocol
LRRP	عملية إعادة إنشاء المسار	Local Route Re-establish Process
MANET	شبكاتad hoc النقالة	Mobile Ad Hoc Network
RERR	خطأ مسار	Route Errors
RREP	رد على طلب مسار	Route Replies
RREQ	طلب مسار	Route Requests
SSA		Signal Stability-based Adaptive Routing
TCP	بروتوكول التحكم بالنقل	Transmission Control Protocol
TTL	زمن الحياة	Time To Live

قائمة المصطلحات

المصطلح	الترجمة
Ad hoc Networks	شبكة آنية
BANDWIDTH	عرض الحزمة
Base Station	محطة قاعدة
BUFFER	ذاكرة
Cellular networks	شبكة خلوية
COLLISION	تصادم
Dynamic topology	توضع ديناميكي
Header	ترويسة
Hello message	رسالة ترحيب
Mobile Router	موجه متحرك
multi-hop	متعدد القفزات
Nodes	عقد
on demand	عند الطلب
Patching	ترقيع
Proactive	مترقبة
promiscuously	بشكل عشوائي
Propagating	انتشار
scalability	قابلية النمو
table driven	مقاد بالجداول
upper layer	الطبقة العليا

المراجع

1. Mukherjee, A., Bandyopadhyay, S., Saha, D., "**Location Management and Routing in Mobile Wireless Networks**," ARTECH HOUSE INC, 2003.
2. Royer, E., Toh, C., "**A review of Current routing Protocols For Ad Hoc Mobile Wireless Networks**," IEEE Personal Communications, Vol. 6, No. 2, 1999, pp. 46-55.
3. Perlman, R., "**Interconnections: Bridges and Routers**," Addison-Wesley, pp. 149–152, 1992.
4. Perkins, C. and Bhagwat, P.," **Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance Vector Routing (DSDV) for Mobile Computer**," In Proceedings of ACM SIGCOMM'94, London, UK, September 1994, pp. 134 - 244.
5. Lee, S.J., "**Routing and Multicasting Strategies in Wireless Mobile Ad hoc Networks**," Ph.D. Thesis, University of California, Los Angeles, 2000.
6. Johnson, D. , Maltz, D., "**Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks**," in Mobile Computing, Imielinski, T. and Korth, H. (editors), Kluwer Academic Publishers, 1996, pp. 153-181.
7. Park, V., Carson, M., "**Temporally-Ordered Routing Algorithm (TORA)**," IETF, August, 1998.
8. Belding-Royer, E., Perkins, C., Das, S,R. "**Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing"** , draft-ietf-manet-aodv-13.txt , INTERNET DRAFT , 2003.
9. Haas, Z. , Pearlman, M., "**The Performance Query Control Schemes for the Zone Routing Protocol**," IEEE/ACM Transaction on Networking, Vol. 9, No. 4, 2001, pp. 427-438.
10. Johnson, D. , Maltz, D., "**Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks**," in Mobile Computing, Imielinski, T. and Korth, H. (editors), Kluwer Academic Publishers, 1996, pp. 153-181.
11. Rohit Dube, Cynthia D. Rais, Kuang-Yeh Wang, and Satish K. Tripathi, "Signal Stability-Based Adaptive Routing (SSA) for Ad Hoc Mobile Networks" IEEE Personal Communications Feb. 1997
12. .Geunhwi Lim, Kwangwook Shin, Seunghak Lee , H. Yoon ," Link Stability and Route Lifetime in Ad-hoc Wireless Networks " Joong Soo Ma and Information Communication University 2002

13. C. K. Toh, "Long-lived ad hoc routing based on the concept of associativity", Internet draft, IETF, Mar. 1999.
14. C-K. Toh, "A novel distributed routing protocol to support ad-hoc mobile computing," IEEE International Phoenix Conf. on Computers and Communications, IPCCC'96 .
15. Chih-Yung Chang, and Shin-Chih Tu, “Active route-maintenance protocol for signal-based communication path in ad hoc networks” Journal of Network and Computer Applications (2002) 25, 161-177
16. Genping Liu1, Kai Juan Wong1, Bu Sung Lee1, Boon Chong Seet2, Chuan Heng Foh1, Lijuan Zhu1, “PATCH: A Novel Local Recovery Mechanism forMobile Ad-hoc Networks”,2003.
17. Ramnath Duggirala, Rahul Gupta, Qing-An Zeng, Dharma P. Agrawal, “Performance Enhancements of Ad Hoc Networks with Localized Route Repair” IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTERS, VOL. 52, NO. 7, JULY 2003
18. Azzedine Boukerche, Liqin Zhang, “A performance evaluation of a pre-emptive on-demand distance vector routing protocol for mobile ad hoc networks” Wireless Communications and Mobile Computing Volume 4, Issue 1, 2004. Pages 99-108.
19. Manus Kwan, Kutluyıl Doğançay, “Comparative Analysis of Ad-Hoc Multi-Path Update Techniques for Multimedia Applications” University of South Australia .
20. International Journal of Network Security, Vol.5, No.2, PP.158–166, Sept. 2007.
21. Onur Arpacioglu , Tara Small , Zygmunt J. Haas, “Notes on Scalability of Wireless Ad Hoc Networks” <draft-irtf-ans-scalability-notes-01.txt> December 1, 2003.
22. ABOLHASAN,M.;WYSOCKI,T.;DUTKIEWICZ,E.*A review of routing protocols for mobile ad hoc networks*. Received 25 March 2003, accepted 4 June 2003, Ad Hoc Networks 2 (2004) 1–22, www.elsevier.com/locate/adhoc 2004.
23. شريتح،احسان.تراسل المعطيات 2 هندسة الاتصالات الرقمية.الطبعة الأولى، منشورات جامعة تشرين اللاذقية سوريا، 2008-2009 ، 634 .

24. ROYER,E.M.;TOH, C.K. *A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks*,www.eecs.harvard.edu/~mdw/course/cs263/fa04/papers/royer-ieeepc99.pdf.
25. QIN,L;KUNZ,T. *Increasing Packet Delivery Ratio in DSR by Link Prediction*. Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on SystemSciences – 2003.
26. DAJING,H.;SHENGMING,J.;JIANQIANG,R.*A Link Availability Prediction Model for Wireless Ad Hoc Networks*. Proc of the International Workshop on Wireless Networks and Mobile Computing, Taipei, Taiwan, April 2000, D7-D11.
27. L. Bajaj, M. Takai, R. Ahuja, K. Tang, R. Bagrodia, and M. Gerla, “GloMoSim: A Scalable Network Simulation Environment,” UCLA Computer Science Department Technical Report 990027, May 1999.
28. R. Bagrodia, R. Meyer, et al, “PARSEC: A Parallel Simulation Environment for Complex System” UCLA technical report, 1997.
29. The official GloMoSim website, http://pcl.cs.ucla.edu/projects/glomosim/
30. The official PARSEC website, http://pcl.cs.ucla.edu/projects/parsec/
31. R. Bagrodia, R. Meyer, M Takai, Y.-A. Chen, X. Zeng, J. Martin, and H. Y. Song, “PARSEC: A Parallel Simulation Environment for Complex System” IEEE Computer, vol. 31, no. 10, October 1998, pp. 77-85.